

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA AGRÓNOMA



TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGRÓNOMO

Evaluación de Sistemas de cultivo y Biofertilizantes en lechuga (*Lactuca sativa* L.) var. Waldman's Green, Santiago de Chuco, La Libertad

Área de Investigación:
Biofertilizantes

Autor:
Benavente Rojas, Eduardo David

Jurado Evaluador:
Presidente: Huanes Mariños, Milton Américo
Secretario: Cabrera La Rosa, Juan Carlos
Vocal: Vigo Rivera, Suiberto

Asesor:
Holguin del Rio, Jose Luis

CÓDIGO ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1056-6118>

TRUJILLO – PERÚ
2024

Fecha de sustentación: 2024/07/08

Tesis Benavente Eduardo.pdf

INFORME DE ORIGINALIDAD

3%

INDICE DE SIMILITUD

3%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

hdl.handle.net

Fuente de Internet

1%

2

repositorio.upao.edu.pe

Fuente de Internet

1%

3

repositorio.ucsg.edu.ec

Fuente de Internet

1%

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Apagado

Declaración de originalidad

Yo, Jose Luis Holguin del Rio, docente del Programa de Estudio de Ingeniería Agrónoma de la Universidad Privada Antenor Orrego, aseso del trabajo de investigación titulado “Evaluación de Sistemas de cultivo y Biofertilizantes en lechuga (*Lactuca sativa* L.) var. Waldman’s Green, Santiago de Chuco, La Libertad”, del autor Eduardo David Benavente Rojas; dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 3%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software Turnitin el 16.10.2024.
- He revisado con detalle dicho reporte y la tesis, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las normas establecidas por la universidad.

Trujillo, 16 de octubre de 2024

Asesor: Jose Luis Holguin del Rio

DNI: 17910058

ORCID: 0000-0002-1056-6118

Autor: Eduardo David Benavente Rojas

DNI: 72328839

Firma del autor:



La presente Tesis ha sido revisada y aprobada por el siguiente jurado

Dr. Milton Huanes Mariños
PRESIDENTE

Dr. Juan Carlos Cabrera La Rosa
SECRETARIO

Ing. Mg. Suiberto Vigo Rivera
VOCAL



Ing. Mg. Jose Luis Holguin del Rio
ASESOR

DEDICATORIA

A mi abuela, a mi madre y a las personas que creyeron en mí.

AGRADECIMIENTOS

A mi madre, Laura Rojas por darme la vida, el amor y el apoyo para persistir hasta alcanzar mis metas.

A mi pareja, Karen Patiño por creer en mi e impulsarme a ser mejor cada día.

A mis profesores, por los conocimientos brindados, los cuales fueron necesarios para llevar a cabo esta tesis, en especial al Ing. Jose Holguin del Rio y al Dr. Jorge Pinna Cabrejos.

Al Sr. Antero Ibañez y la Sra. Martha Segura, por su apoyo en las labores de campo de esta tesis.

ÍNDICE

Caratula.....	i
Declaración e originalidad.....	ii
Aprobación del jurado de tesis.....	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimientos.....	vi
Resumen.....	xiv
Abstract.....	xv
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Problema de investigación.....	1
1.2. Objetivos.....	1
1.2.1. Objetivo general.....	1
1.2.2. Objetivos específicos.....	2
1.3. Justificación del estudio.....	2
II. MARCO DE REFERENCIA.....	2
2.1. Antecedentes del estudio.....	2
2.2. Marco teórico- conceptual.....	4
2.2.1. Lechuga.....	4
2.2.2. Taxonomía.....	4
2.2.3. Agricultura protegida.....	6
2.2.4. Microorganismos benéficos.....	8
2.3. Sistema de hipótesis.....	11
2.3.1. Hipótesis.....	11
2.3.2. Operacionalización de variables.....	11
III. METODOLOGÍA EMPLEADA.....	16
3.1. Tipo y nivel de investigación.....	16
3.2. Población y muestra de estudio.....	16
3.3. Diseño de investigación.....	16
3.3.1. Diseño de contrastación.....	16
3.3.2. Clima de la zona.....	18
3.3.3. Ubicación del experimento.....	18
3.3.4. Preparación de suelos.....	19
3.3.5. Instalación de microtúneles.....	19
3.3.6. Preparación de plantines.....	19

3.3.7.	Densidad de siembra.....	20
3.3.8.	Aplicación de biofertilizantes	20
3.3.9.	Fertilización	20
3.3.10.	Riegos	21
3.3.11.	Manejo de plagas y enfermedades.....	22
3.4.	Técnicas e instrumentos de investigación.....	22
3.5.	Procesamiento y análisis de datos.....	23
3.5.1.	Modelo Estadístico	23
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	24
4.1.	Altura de planta.....	24
4.1.1.	Altura de planta según el biofertilizante en el sistema de producción	26
4.2.	Número de hojas.....	28
4.2.1.	Número de hojas según el biofertilizante en el sistema de	31
4.2.2.	Número de hojas según el sistema de producción sin biofertilizantes	33
4.3.	Cobertura foliar	34
4.3.1.	Cobertura foliar según el biofertilizante en el sistema de producción	37
4.3.2.	Cobertura foliar según el sistema de producción sin biofertilizantes	39
4.4.	Peso fresco de la parte aérea	40
4.4.1.	Peso fresco de la parte aérea según el biofertilizante en el sistema de producción	42
4.4.2.	Peso fresco de la parte aérea según el sistema de producción sin biofertilizantes.....	44
4.5.	Peso seco de la parte aérea	45
4.5.1.	Peso seco de la parte aérea según el biofertilizante en el sistema de producción	48
4.5.2.	Peso seco de la parte aérea según el sistema de producción sin biofertilizantes.....	50
4.6.	Rendimiento por hectárea	51
4.6.1.	Rendimiento por hectárea según el biofertilizante en el sistema de producción	53
4.6.2.	Rendimiento por hectárea según el sistema de producción sin biofertilizantes.....	55
4.7.	Biofertilizantes.....	56
V.	CONCLUSIONES	58
VI.	RECOMENDACIONES	58
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	59

VIII. ANEXOS	63
8.1. Anexo 1: Análisis de caracterización de suelos. De este informe de laboratorio solo la muestra N° 01 corresponde al área donde se desarrolló el experimento.	63
8.2. Anexo 2: Fichas Técnicas de los biofertilizantes	64
8.3. Anexo 3: Evidencias de la ejecución del proyecto (Fotos)	66
8.4. Anexo 4: Resolución directoral que aprueba el proyecto de tesis	67

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Operacionalización de variables.

Tabla 2: Descripción de los tratamientos.

Tabla 3: Distribución de la dosis de NPK para el ciclo vegetativo.

Tabla 4: Prueba de análisis de varianza (ANOVA).

Tabla 5: Pruebas Shapiro – wilk, Barlett y ANOVA de la variable altura según la semana de evaluación.

Tabla 6: Pruebas de Shapiro – wilk, Barlett y ANOVA de la variable número de hojas según la semana de evaluación,

Tabla 7: Pruebas de Shapiro – wilk, Barlett y ANOVA de la variable cobertura foliar según la semana de evaluación.

Tabla 8: Pruebas de Shapiro – wilk, Barlett y ANOVA de la variable peso fresco de la parte aérea a los 15 DDT y a la cosecha.

Tabla 9: Pruebas de Shapiro – wilk, Barlett y ANOVA de la variable peso seco de la parte aérea a los 15 DDT y a la cosecha.

Tabla 10: Prueba de Shapiro – wilk, Barlett y ANOVA de la variable rendimiento por hectárea.

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Croquis de distribución de tratamientos en campo.

Figura 2: Altura de planta por semana em milímetros.

Figura 3: Altura de planta según el biofertilizante en el sistema de producción “Secano”.

Figura 4: Altura de planta según el biofertilizante en el sistema de producción “Secano + Riego por goteo”.

Figura 5: Altura de planta según el biofertilizante en el sistema de producción “Microtúnel”.

Figura 6: Altura de planta según el sistema de producción sin biofertilizantes.

Figura 7: Numero de hojas por tratamiento por semana.

Figura 8: Prueba Tukey del factor sistemas de producción de la variable número de hojas de la semana 4.

Figura 9: Prueba Tukey del factor sistemas de producción de la variable número de hojas de la semana 5.

Figura 10: Prueba Tukey del factor sistemas de producción de la variable número de hojas de la semana 6.

Figura 11: Numero de hojas según el biofertilizante en el sistema de producción “Secano”.

Figura 12: Numero de hojas según el biofertilizante en el sistema de producción “Secano + Riego por goteo”.

Figura 13: Numero de hojas según el biofertilizante en el sistema de producción “Microtúnel”.

Figura 14: Numero de hojas según el sistema de producción sin biofertilizantes.

Figura 15: Cobertura foliar por tratamiento por semana.

Figura 16: Prueba de Tukey del factor sistemas de producción de la variable cobertura foliar de la semana 2.

Figura 17: Prueba Tukey del factor sistemas de producción de la variable cobertura foliar de la semana 3.

Figura 18: Cobertura foliar según el biofertilizante en el sistema de producción “Secano”.

Figura 19: Cobertura foliar según el biofertilizante en el sistema de producción “Secano + Riego por goteo”.

Figura 20: Cobertura foliar según el biofertilizante en el sistema de producción “Microtúnel”.

Figura 21: Cobertura foliar según el sistema de producción sin biofertilizantes.

Figura 22: Peso fresco de la parte aérea por tratamiento en gramos a los 15 DDT y la cosecha.

Figura 23: Peso fresco de la parte aérea según el biofertilizante en el sistema de producción “Secano”.

Figura 24: Peso fresco de la parte aérea según el biofertilizante en el sistema de producción “Secano + Riego por goteo”.

Figura 25: Peso fresco de la parte aérea según el biofertilizante en el sistema de producción “Microtúnel”.

Figura 26: Peso fresco de la parte aérea según el sistema de producción sin biofertilizante.

Figura 27: Peso seco de la parte aérea por tratamiento en gramos a los 15 DDT y la cosecha.

Figura 28: Prueba Tukey del factor sistemas de producción de la variable peso seco en la evaluación al os 15 DDT.

Figura 29: Peso seco de la parte aérea según el biofertilizante en el sistema de producción “Secano”.

Figura 30: Peso seco de la parte aérea según el biofertilizante en el sistema de producción “Secano + Riego por goteo”.

Figura 31: Peso seco de la parte aérea según el biofertilizante en el sistema de producción “Microtúnel”.

Figura 32: Peso seco de la parte aérea según el sistema de producción sin biofertilizantes.

Figura 33: Rendimiento por hectárea por tratamiento en kilogramos a la cosecha.

Figura 34: Rendimiento por hectárea según el biofertilizante en el sistema de producción “Secano”.

Figura 35: Rendimiento por hectárea según el biofertilizante en el sistema de producción “Secano + Riego por goteo”.

Figura 36: Rendimiento por hectárea según el biofertilizante en el sistema de producción “Microtúnel”.

Figura 37: Rendimiento por hectárea según el sistema de producción sin biofertilizantes.

Figura 38: El mejor biofertilizante según la variable y el sistema de producción

RESUMEN

La presente investigación se desarrolló en el caserío de Cunguay, distrito y provincia de Santiago de Chuco, departamento de La Libertad. El objetivo fue evaluar la influencia de los sistemas de producción y la influencia de los biofertilizantes aplicados a estos en el desarrollo de plantas de lechuga (*Lactuca sativa* L.) cv. Waldman's Green. El diseño usado fue el de Bloques Completamente al Azar en Parcelas Divididas (Split-plot) con 72 plantas distribuidas en 9 tratamientos con 3 repeticiones con 8 plantas por unidad experimental. Los tratamientos consistieron en la interacción de 3 sistemas de producción (Secano", Testigo", Secano + Riego por goteo y Microtúnel) con 3 biofertilizantes (Sin biofertilizantes "Testigo", *Trichoderma viride* y Complejo de *Pseudomonas*) con un total de 9 tratamientos. Se evaluó la altura, número de hojas, cobertura foliar, peso fresco de la parte aérea, peso seco de la parte aérea y rendimiento; los tres primeros se evaluaron de forma semanal, los dos siguientes se evaluaron a los 15 días después del trasplante y a la cosecha y el rendimiento se evaluó a la cosecha. Se realizaron las pruebas de normalidad (Shapiro – wilk), homogeneidad (Barlett) y análisis de varianza (ANOVA). Se encontró diferencias estadísticas en la variable peso seco a los 15 DDT y en la variable número de hojas, semana 4, en el factor sistemas de producción sobresaliendo el sistema de producción "Secano" con un promedio de 8.6 hojas por planta. En el resto de variables no se encontró diferencias estadísticas. El tratamiento con sistema de producción "Microtúnel" con aplicación de *Trichoderma viride* mostró el mejor resultado en la variable altura de planta (204 mm). El tratamiento con sistema de producción "Secano" sin la aplicación de biofertilizantes mostró el mejor resultado en la variable número de hojas (21.7 hojas en promedio). El tratamiento con sistema de producción "Microtúnel" con la aplicación del Complejo de *Pseudomonas* mostró el mejor resultado en la variable cobertura foliar (687 cm²). El tratamiento con sistema de producción "Secano" con la aplicación de *Trichoderma viride* mostró los mejores resultados en las variables: peso fresco (361.3 gramos), peso seco (22.9 gramos) y rendimiento la cual alcanzó los 30199 kilogramos por hectárea.

Palabras clave: sistemas de producción, biofertilizantes, *Lactuca sativa* L., microtúnel

ABSTRACT

The present research was carried out in the hamlet of Cunguay, district and province of Santiago de Chuco, department of La Libertad. The objective was to evaluate the influence of production systems and the influence of biofertilizers applied to these on the development of lettuce plants (*Lactuca sativa* L.) cv. Waldman's Green. The design used was Completely Randomized Blocks in Split-plot with 72 plants distributed in 9 treatments with 3 replications and 8 plants per experimental unit. The treatments consisted of the interaction of 3 production systems (Rainfed "Control", Rainfed + Drip Irrigation, and Micro tunnel) with 3 biofertilizers (Without biofertilizers "Control", *Trichoderma viride*, and *Pseudomonas* complex) with a total of 9 treatments. Height, number of leaves, leaf coverage, fresh weight of the aerial part, dry weight of the aerial part, and yield were evaluated; the first three were evaluated weekly, the next two were evaluated 15 days after transplantation and at harvest, and yield was evaluated at harvest. Normality tests (Shapiro-Wilk), homogeneity (Bartlett), and analysis of variance (ANOVA) were performed. Statistical differences were found in the dry weight variable at 15 DDT and in the number of leaves variable, week 4, in the production systems factor, with the "Rainfed" production system standing out with an average of 8.6 leaves per plant. In the remaining variables, no statistical differences were found. The treatment with the "Micro tunnel" production system with application of *Trichoderma viride* showed the best result in the plant height variable (204 mm). The treatment with the "Rainfed" production system without the application of biofertilizers showed the best result in the number of leaves variable (21.7 leaves on average). The treatment with the "Micro tunnel" production system with the application of *Pseudomonas* complex showed the best result in the leaf coverage variable (687 cm²). The treatment with the "Rainfed" production system with the application of *Trichoderma viride* showed the best results in the variables: fresh weight (361.3 grams), dry weight (22.9 grams), and yield, reaching 30199 kilograms per hectare.

Key words: production systems, biofertilizers, *Lactuca sativa* L., micro tunnel

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Problema de investigación

Según la Encuesta Nacional de Presupuestos Familiares (ENAPREF) 2009 del INEI, el consumo promedio per cápita anual de lechuga según la tenencia de red pública de alcantarillado es de 1.8 kilos para aquellos hogares que la poseen y 0.8 kilos para aquellos que no poseen alcantarillado, en este último grupo se encuentran aquellos que viven en los caseríos aledaños a Santiago de Chuco y en general la mayor parte de los agricultores de la sierra liberteña.

Una gran parte de los agricultores de la sierra liberteña tienen limitaciones para el acceso, cultivo y aprovechamiento de hortalizas entre ellas la lechuga, principalmente porque sus áreas de cultivo se encuentran en zonas superiores a los 2800 m.s.n.m., donde el cultivo de lechuga se ve afectado por las bajas temperaturas y aleatorias precipitaciones.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

- Evaluar qué sistema de cultivo produce mayor rendimiento por campaña agrícola de lechuga (*Lactuca sativa L.*) var. Waldman's Green.
- Evaluar que biofertilizante produce mayor rendimiento por campaña agrícola de lechuga (*Lactuca sativa L.*) var. Waldman's Green.

1.2.2. Objetivos específicos

- Determinar el número de días desde el trasplante hasta la cosecha.
- Evaluar el número de hojas.
- Evaluar la altura de las plantas.
- Evaluar la superficie foliar de las plantas.
- Evaluar la cantidad de materia seca de la parte epigea de las plantas.

1.3. Justificación del estudio

Una gran parte de los agricultores de la sierra liberteña tienen limitadas fuentes de hierro y vitamina C en su dieta ya que esta se basa mayormente en carbohidratos como la papa y el arroz, por lo que las hortalizas que contienen estos nutrientes como la lechuga se vuelven una buena opción para mejorar la calidad de su alimentación y por ende su calidad de vida. (Encuesta Nacional de Presupuestos Familiares, 2009)

II. MARCO DE REFERENCIA

2.1. Antecedentes del estudio

El uso de microtúneles no es nuevo en el mundo, en zonas de climas templados se usan ya desde hace varios años como una herramienta para poder producir hortalizas y frutales de bajo porte.

Sánchez (2019) tuvo como objetivo brindar otra opción de sistema de producción en el cultivo de lechuga, él lo llamo cultivo semi-forzado, lo realizo en el Alto Valle de Rio Negro y Neuquén ubicado en Argentina, con esto buscaba proteger el cultivo de las principales condiciones climáticas adversas de la localidad. Usando tres tipos de lechuga: Mantecosa, Morada y Crespa, con dos tipos de plástico: Polietileno LDT (Larga Duración Térmica) de 150 micrones y Polietileno "Cristal" de 100 micrones, con estos prepararon los microtúneles y obtuvo como resultados que el mayor peso promedio la obtuvo la variedad crespa con

300 gr, seguido de la variedad mantecosa y morada todas ellas bajo cobertura LDT, las que tenían menor peso fueron las que se cultivaron sin cobertura. Los mayores rendimientos se obtuvieron bajo cubierta LDT siendo la cresa la que obtuvo el mayor rendimiento con 29,560 kg/ha. Así también los biofertilizantes ya vienen siendo estudiados desde la década de los 90s y empleados en la producción de diversos cultivos disminuyendo el uso de fertilizantes químicos y/o aumentando el rendimiento. (José-Alonso Álvarez-García et al., 2020)

Tenemos que conocer que en el Perú hasta el momento no existe una regulación en la cual se especifique o clasifique al microorganismo en las categorías: bioprotectante, biofertilizante y bioestimulante ya que un microorganismo puede presentar las tres características antes mencionadas al mismo tiempo. Este debate no solo sucede a nivel del país si no que se extiende a toda la comunidad científica ya que aún no hay consenso establecido, el país vecino, Chile ya cuenta con un proyecto para clasificar legalmente los productos comerciales que contengan microorganismos, sin embargo, esto sigue siendo un debate en toda Latinoamérica.

Yossen et al (2003) en su estudio donde usaron tres materiales compostados más la aplicación de *Trichoderma harzianum* en los almácigos de lechuga encontraron que la incidencia de enfermedades radiculares fue menor en aquellos sustratos que presentaban inoculación con *Trichoderma harzianum*, también encontraron que las plantas que tuvieron la aplicación de *Trichoderma harizanium* y el patógeno más las que solo tuvieron *Trichoderma harzianum* tuvieron mejores valores de altura y peso de planta, demostrando así que *Trichoderma harzianum* es un promotor de crecimiento y supresor de patógenos.

Trujillo (2020) realizó la inoculación de semillas de lechuga y una aplicación adicional en almacigo con varios microorganismos benéficos dentro de los cuales tenía: *Trichoderma viride*, *Azotobacter* sp, *Gibberella* sp y *Trichoderma* sp. La aplicación la realizó en semilla y vivero para luego realizar las evaluaciones en campo abierto obteniendo como resultados que las lechugas con aplicación de *Trichoderma* sp.

Presentaron el mayor rendimiento con 9307,60 kg/ha mientras que en la variable tamaño de hojas no hubo diferencias significativas entre los tratamientos con microorganismos, pero si de estos con el testigo para las variables de peso fresco de raíces y peso fresco de las hojas ningún tratamiento tuvo diferencias significativas con el testigo ni entre sí.

2.2. Marco teórico- conceptual

2.2.1. Lechuga

La lechuga (*Lactuca sativa* L.) es una de las hortalizas de mayor consumo en el mundo, independiente de sus formas, tamaños y colores, su cultivo se realiza en zonas templadas y subtropicales, en sistemas al aire libre, en invernaderos y de forma hidropónica. (Saavedra et al., 2017)

2.2.2. Taxonomía

Reino: Plantae

Clase: Magnoliophyta

Orden: Asterales

Familia: Asteraceae

Género: *Lactuca*

Especie: *Lactuca sativa* L.

Cultivar: Waldman's green

2.2.2.1. Variedad

La variedad Waldman's green es una lechuga de rápido crecimiento y alto rendimiento. Tiene más hojas por cabeza y sus hojas son de un verde más intenso. Esta variedad es tolerante al TipBurn. (Emerald seed, 2020)

2.2.2.2. Requerimientos edafoclimáticos

La lechuga tiene buena adaptación a climas templados, con un rango que va desde los 7 °C hasta los 24 °C, lo que permite al agricultor poder sembrarla durante cualquier época del año siempre que use variedades adecuadas.

Tenemos que tener muy en cuenta que un factor condicionante del crecimiento son las altas temperaturas, las cuales serían comprendidas desde los 30 °C. (Goites, 2008)

Los suelos a los que mejor se adapta la lechuga son ligero (francos arenosos) con buen drenaje, pero si el cultivo está bajo riego por goteo, el factor suelo no se presenta como un factor limitante del desarrollo de las raíces ni del rendimiento. El nivel de materia orgánica en el que se desarrolla mejor la lechuga es medio-alto. La lechuga es bastante sensible al pH ácido y ligeramente sensible a la alcalinidad, el pH adecuado para su desarrollo oscila entre 6,8 y 7,4. También es sensible a las sales teniendo que la conductividad eléctrica en extracto de saturación debe ser menor a 3,5 dS/m. (Rincón, 2008)

2.2.2.3. Principales plagas y enfermedades

Según Lacarra y Garcia (2011) las principales plagas en el cultivo de lechuga son:

- Trips (*Frankliniella occidentalis*): Es una de las plagas que causa mayor daño a la lechuga ya que es vector del virus del bronceado del tomate (TSWV).
- Minador de la hoja (*Liriomyza huidobrensis*): Las larvas de esta plaga forman galerías en las hojas consumiendo el parénquima y disminuyendo el área fotosintética.
- Mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum*): Esta mosca succiona la savia de la hoja y produce una melaza que va cubriendo la hoja y sirve de alimento para hongos.
- Pulgones (*Myzus persicae*): También es vector de virus y el rápido aumento de su población llega a dañar seriamente la planta y los brotes jóvenes.

Las principales enfermedades del cultivo de lechuga según Saavedra et al. (2017) son:

- Pudrición gris (*Botrytis cinérea*): Este hongo genera lesiones acuosas en las hojas o en la base del tallo y posteriormente se aprecia la presencia del micelio con una coloración grisácea sobre los tejidos dañados.
- Mildiu (*Bremia lactucae*): Este hongo produce en las hojas manchas cloróticas que son limitadas por las nervaduras principales que posteriormente avanza a café y terminan secando el follaje.
- Oídium (*Erysiphe cichoracearum*): Este hongo presenta manchas pulverulentas las que están conformadas por micelio de color blanquecino, este hongo puede cubrir ambas caras de las hojas.

2.2.3. Agricultura protegida

La agricultura protegida nace como respuesta a las exigencias del mercado y de los productores, esta tecnología ayuda conseguir producciones de excelente calidad, en cualquier tiempo y sin daños por agentes climáticos, plagas o enfermedades. Por lo tanto, podemos definir a la agricultura protegida como toda estructura cerrada, la cual es cubierta por materiales semitransparentes o transparentes, los que permiten conseguir condiciones artificiales de microclima para el correcto desarrollo de plantas y flores. (Santos et al., 2010)

Las principales especies que se cultivan en estos sistemas son: Hortalizas de hoja, tomate, pimiento, cucurbitáceas como el melón, el pepinillo y la sandía, plantas ornamentales y flores de alto valor como la rosa, gerbera y crisantemo, también estos sistemas sirven para la producción de plántulas de hortalizas, medicinales y aromáticas para trasplante a campo abierto. (Juarez et al., 2011)

Juarez et al. (2011) y Santos et al. (2010) coinciden en que la agricultura protegida se puede clasificar por su estructura en: Invernaderos (greenhouses), casa malla (nethouses), túneles altos o macrotúneles y túneles pequeño o microtúneles.

2.2.3.1. Microtúneles (Características y diseño)

Son estructuras pequeñas compuestas por arcos, cobertura y sujeción de cobertura, de fácil instalación y de un precio accesible, estas estructuras son de reducidas dimensiones y no es posible que las personas trabajen en su interior, esto obliga a que las labores se realicen desde el exterior manipulando la cobertura plástica. En ciertos cultivos su uso se limita a las primeras partes del ciclo, pero en hortalizas comúnmente son usadas para proteger el cultivo de los agentes climáticos, plagas y enfermedades durante todo el ciclo. (Juarez et al., 2011)

De los componentes la cobertura es la más importante, normalmente se emplea polietileno de larga duración, este debe presentar ciertas características como: permitir el paso de la mayor cantidad de luz posible (radiación), conservar el calor dentro del túnel, ser flexible, de fácil manipulación, tener un tratamiento ultravioleta (uv).

Con respecto a las dimensiones, la estructura debe cubrir la cama o surco de cultivo, debe permitir el fácil acceso a las labores. Se recomienda un ancho no mayor al 1.20 m y la altura debe ser entre 0.5 a 0.9 m, el largo de los microtúneles no debe superar los 30 metros para evitar que la fuerza del viento desprenda los arcos por pérdida de tensión en el plástico y rigidez en los arcos. Los arcos deben estar distanciados en 2 m así optimizamos la cantidad y la resistencia. (Miserendino, 2011)

2.2.3.2. Ventajas de microtúneles

Según Santos et al. (2010) dentro de las ventajas tenemos:

- La protección del cultivo de agentes climáticos como la lluvia, viento, granizo y heladas.
- La protección del cultivo de agentes bióticos como insectos, pájaros, animales de granja y hongos.
- La disminución en el uso de agroquímicos, disminuyendo los costos de producción.
- El aumento de rendimiento y mejora en la calidad de las cosechas.
- La conservación de las temperaturas del aire y suelo dentro del microtúneles, beneficiando el desarrollo de las plantas.
- La opción de producir casi todo el año y en ciertos casos disminuir el ciclo de los cultivos, todo esto para encontrar mejores precios en el mercado.
- Su relativo bajo costo de implementación con respecto a los macrotúneles e invernaderos.

2.2.4. Microorganismos benéficos

2.2.4.1. *Trichoderma viride*

Trichoderma viride es un hongo perteneciente a la división: Ascomycota, orden de los Hypocreales, género *Trichoderma*. Es uno de los hongos que más se han reportado en los suelos, se adapta a variedad de hábitats y se le han atribuido actividades fisiológicas, antifúngicas hasta insecticidas. Es uno de los hongos aerobios de mayor producción y distribución para su uso en el control biológico de hongos patógenos de diversos cultivos. (Lieckfeldt, 1999)

Con respecto a la temperatura *Trichoderma viride* tolera hasta los 31°C, generalmente el género *Trichoderma* necesita una temperatura óptima para su desarrollo que varía entre 25 a 30°C, pero a esas temperaturas la actividad antagónica se ve severamente afectada por lo que podemos expresar que la temperatura influye directamente en la actividad antagónica. *Trichoderma viride* no es exigente con el pH, siendo el rango óptimo de 5,5 a 6,5 pero tolera hasta los 8,5. El desarrollo de este hongo se activa con la humedad del suelo, siendo el óptimo de 60% de la capacidad de retención del sustrato, cuando la humedad aumenta, la colonización y sobrevivencia decae por la poca disponibilidad de oxígeno. (Martínez et al., 2013)

Trichoderma viride presenta mecanismos indirectos para su acción antagonista y como colonizador de las raíces, los cuales son: Aceleración del desarrollo del sistema radicular de las plantas lo que aumenta la tolerancia al estrés, solubilización y absorción de nutrientes inorgánicos en la rizosfera, estimulación del crecimiento vegetal y la inducción de resistencia. (Vinale, 2008)

2.2.4.2. Pseudomonas

Pseudomonas es un género de bacterias Gram (-), poseen forma de bastoncillo los cuales no desarrollan esporas, pero si presentan movilidad. Poseen amplias capacidades metabólicas lo que les permite colonizar distintos tipos de suelos, donde juegan un papel importante como supresoras de enfermedades. Este último es un efecto indirecto que se da al promover el desarrollo y crecimiento de la planta. (Álvarez-García, 2020)

Según Santoyo et al. (2012) la colonización de la rizosfera por *Pseudomonas fluorescens* está relacionada directamente por los exudados radiculares, lo que permite a la bacteria interactuar con las raíces (quimiotaxis) adhiriéndose a la superficie radical, formar biofilms discontinuos o micro colonias entre las células de la epidermis.

Pseudomonas putida es colonizadora del suelo, de estas la cepa KT2440 es la que mejor se ha estudiado y caracterizado de la especie, en laboratorio atrajo la atención como huésped celular para los campos de la biología sintética y también de la ingeniería metabólica esto debido a que es una bacteria de versátil metabolismo, esta puede resistir duras condiciones ambientales y estrés fisicoquímico. Esta especie tiene una gran capacidad para sobrevivir y prosperar en suelo natural, otras cepas como la MT-2 han sido utilizados como agentes de biorremediación esto porque pueden crecer en sustratos complejos, incluso con compuestos aromáticos. Otra de las características que la hacen muy buena opción es que no presenta características patogénicas para el hombre o plantas estudiadas lo que la convierte en una muy buena opción para su aplicación en microbiología y también en entornos agrícolas. (Volke et al, 2020)

Dentro de sus mecanismos tenemos: Síntesis de compuestos antibacterianos y fungicidas, competencia por nutrientes de la rizosfera, producción de sideróforos extracelulares que secuestran óxidos férricos para transformarlos en formas disponibles para las raíces. y la inducción de resistencia sistémica (RSI). Las condiciones óptimas para su desarrollo son temperaturas entre 25 a 30°C, con un pH neutro y una de sus limitantes es la baja cantidad de hierro en el medio. (Siddiqui & Shaukat, 2003 y Vargas et al., 2001)

2.3. Sistema de hipótesis

2.3.1. Hipótesis

HI: Ningún sistema de producción aumenta el rendimiento de lechuga (*Lactuca sativa*) var. Waldman's Green.

Ha1: Al menos un sistema de producción si aumenta el rendimiento de lechuga (*Lactuca sativa*) var. Waldman's Green.

HII: Ningún biofertilizante aumenta el rendimiento de lechuga (*Lactuca sativa*) var. Waldman's Green.

Ha2: Al menos un biofertilizante si aumenta el rendimiento de lechuga (*Lactuca sativa*) var. Waldman's Green.

2.3.2. Operacionalización de variables

2.3.2.1. Altura de planta

Se realizó la medición de la altura partiendo desde la base de la primera hoja hasta la parte superior de la última hoja. Se empezó a realizar las mediciones 7 días después del trasplante hasta la cosecha. Las mediciones se realizaron cada 7 días. Las mediciones se hicieron con una regla de metal. Se distinguieron con banderines 5 plantas, las cuales fueron evaluadas cada semana.

2.3.2.2. Número de hojas

Se realizó el conteo de todas las hojas. Se empezó a realizar el conteo 7 días después del trasplante hasta la cosecha. El conteo se realizó cada 7 días. Se distinguieron con banderines 5 plantas, las cuales fueron evaluadas cada semana.

2.3.2.3. Cobertura foliar

Se obtuvo la superficie foliar a partir del programa “imageJ”, el cual es un software gratuito de código abierto para el procesamiento y análisis de imágenes científicas. Las fotografías se tomaron con un teléfono celular, el cual cuenta con 48 megapíxeles, desde un plano cenital totalmente paralelo al suelo, se tuvo un plástico blanco rodeando la base de la planta para generar un correcto contraste. Las tomas se realizaron 7 días después del trasplante hasta la cosecha. Las tomas se realizaron cada 7 días. Se distinguieron con banderines 5 plantas, las cuales fueron evaluadas cada semana.

2.3.2.4. Peso fresco de la parte aérea

Se obtuvo el peso fresco de la parte aérea, al momento del corte. Se realizaron dos evaluaciones, la primera fue a los 15 días después del transplante y la última fue al momento de la cosecha. Para el primer análisis se tomó una planta al azar de toda la población de la unidad experimental con excepción de las que se distinguieron con un banderín. Para el análisis a la cosecha se tomó una planta por unidad experimental con excepción de las que se distinguieron con un banderín. Ambos análisis fueron destructivos.

2.3.2.5. Peso seco de la parte aérea

Se obtuvo el peso seco de la parte aérea seleccionando una planta de la unidad experimental a la cual se le pesó en fresco y si este excedió los 50 gramos solo se seleccionó una parte que tenga un peso similar a los 50 gramos, como fue sugerido por el laboratorio de alimentos de la Universidad Privada Antenor Orrego, se guardó en una bolsa de papel “Kraft” rotulado y luego se llevó al laboratorio donde se ingresó en una estufa a 65 °C por 48 horas, luego se pesó la bolsa y se restó el peso de la misma; con este peso se obtuvo el porcentaje de materia seca.

Una vez se obtuvo el porcentaje de materia seca de todas las repeticiones se procedió mediante cálculo básico a obtener el peso seco de la parte aérea de la planta completa.

Se realizaron dos evaluaciones la primera fue a los 15 días después del trasplante y la segunda fue al momento de la cosecha. Para el primer análisis se tomó una planta al azar de toda la población de la unidad experimental con excepción de las que se distinguieron con un banderín. Para el análisis a la cosecha se tomó una planta por unidad experimental con excepción de las que se distinguieron con un banderín. Ambos análisis fueron destructivos.

2.3.2.6. Rendimiento

Esta variable se obtuvo en base al peso fresco de la parte aérea al momento de la cosecha, una vez obtenido los pesos se realizó el cálculo de peso por metro cuadrado (en base a la densidad de plantas por metro cuadrado) y se multiplicó por el área neta de las camas de cultivo en una hectárea para tener el rendimiento por hectárea (kg/ha).

Tabla 1: Operacionalización de variables.

Variable	Operacionalización	Instrumento	Unidad de medida
Altura de planta	Se realizó la medición de la altura partiendo desde la base de la primera hoja hasta la parte superior de la última hoja. Se empezó a realizar las mediciones 7 días después del trasplante hasta la cosecha. Las mediciones se realizaron cada 15 días.	Regla de metal y vernier	Milímetros
Número de hojas	Se realizó el conteo de todas las hojas. Se empezó a realizar el conteo 7 días después del trasplante hasta la cosecha. El conteo se realizó cada 7 días.		Unidad
Cobertura foliar	Se obtuvo la superficie foliar a partir del programa "imageJ", el cual es un software gratuito de código abierto para el procesamiento y análisis de imágenes científicas. Las fotografías se tomaron con un teléfono celular, el cual cuenta con 48 megapíxeles, desde un plano cenital totalmente paralelo al suelo, se tuvo un plástico blanco rodeando la base de la planta para generar un correcto contraste. Las tomas se realizaron 7 días después del trasplante hasta la cosecha. Las tomas se realizaron cada 7 días.	Teléfono celular con 48 megapíxeles, programa "imageJ"	Centímetros cuadrados
Peso fresco de la parte aérea	Se obtuvo el peso fresco de la parte aérea, al momento del corte. Se realizaron dos evaluaciones, la primera fue a los 15 días después del transplante y la última fue al momento de la cosecha.	Balanza compacta (+/- 1 gramo de error)	Gramos

<p>Peso seco de la parte aérea</p>	<p>Se obtuvo el peso seco de la parte aérea seleccionando una planta de la unidad experimental a la cual se le peso en fresco y si este excedió los 50 gramos solo se seleccionó una parte que tenga un peso similar a los 50 gramos, como fue sugerido por el laboratorio de alimentos de la Universidad Privada Antenor Orrego, se guardó en una bolsa de papel "Kraft" rotulado y luego se llevó al laboratorio donde se ingresó en una estufa a 65 °C por 48 horas, luego se pesó la bolsa y se restó el peso de la misma; con este peso se obtuvo el porcentaje de materia seca. Una vez se obtuvo el porcentaje de materia seca de todas las repeticiones se procedió mediante calculo básico a obtener el peso seco de la parte área de la planta completa.</p> <p>Se realizaron dos evaluaciones la primera fue a los 15 días después del Transplante y la segunda fue al momento de la cosecha.</p>	<p>Balanza compacta (+/- 1 gramo de error), balanza de precisión (+/- 0.1 gramos de error), calculadora.</p>	<p>Gramos</p>
<p>Rendimiento</p>	<p>Esta variable se obtuvo en base al peso fresco de la parte aérea, una vez obtenido los pesos se realizó el cálculo para tener el rendimiento por hectárea (kg/ha).</p>	<p>Balanza compacta (+/- 1 gramo de error)</p>	<p>Kilogramos por hectárea</p>

III. METODOLOGÍA EMPLEADA

3.1. Tipo y nivel de investigación

La presente investigación fue de tipo “Experimental”, el nivel de investigación fue “Aplicada”.

3.2. Población y muestra de estudio

Con respecto a la población se tuvo que cada tratamiento contó con 88 plantas de lechuga (*Lactuca sativa*) var. Waldman’s Green.

La muestra de estudio consistió en 8 plantas por tratamiento, de las cuales 5 fueron enumeradas y evaluadas desde el inicio de la investigación, las otras 3 se tomaron al azar para obtener la variable de porcentaje de materia seca. Para las plantas seleccionadas para la muestra se evitaron las que se encontraban en las líneas laterales, colindantes con el inicio o fin de las camas, así se evitó el efecto de borde.

3.3. Diseño de investigación

3.3.1. Diseño de contrastación

El diseño experimental que se utilizó fue un Diseño de Bloques Completamente al Azar en Parcelas Divididas (Split-plot) el cual contó con dos factores, el primer factor fue sistemas de cultivo, el segundo factor fue biofertilizantes.

Cada factor tuvo 3 niveles, los niveles del primer factor fueron: Secano (S1), Secano más riego por goteo (S2) y microtúnel con riego por goteo (S3); los niveles del segundo factor fueron: Sin biofertilizante (B1), biofertilizante (*Trichoderma viride*) (B2) y biofertilizante (**Complejo de Pseudomonas**: *Pseudomonas fluorescens* y *Pseudomonas putida*) (B3). Se tuvo por lo anterior expuesto 9 tratamientos (tabla 2), los cuales tuvieron 3 repeticiones cada tratamiento los cuales estuvieron distribuidos al azar (3 bloques) teniendo en total 27 unidades experimentales. La distribución de estos se aprecia en la figura 1.

Tabla 2: Descripción de los tratamientos.

TRATAMIENTOS	
S1B1	Secano + Sin Biofertilizante
S1B2	Secano + Biofertilizante (* <i>Trichoderma viride</i>)
S1B3	Secano + Biofertilizante (**Complejo de Pseudomonas: <i>Pseudomonas flourescens</i> y <i>Pseudomonas putida</i>)
S2B1	Secano y Riego por goteo + Sin Biofertilizante
S2B2	Secano y Riego por goteo + Biofertilizante (* <i>Trichoderma viride</i>)
S2B3	Secano y Riego por goteo + Biofertilizante (**Complejo de Pseudomonas: <i>Pseudomonas flourescens</i> y <i>Pseudomonas putida</i>)
S3B1	Microtúnel y Riego por goteo + Sin Biofertilizante
S3B2	Microtúnel y Riego por goteo + Biofertilizante (* <i>Trichoderma viride</i>)
S3B3	Microtúnel y Riego por goteo + Biofertilizante (**Complejo de Pseudomonas: <i>Pseudomonas flourescens</i> y <i>Pseudomonas putida</i>)

*Producto comercial “Osqay”, dosis: 1 gr/litro (Anexo 2).

**Producto comercial “Bacniphos”, dosis: 2.5 ml/litro (Anexo 2).

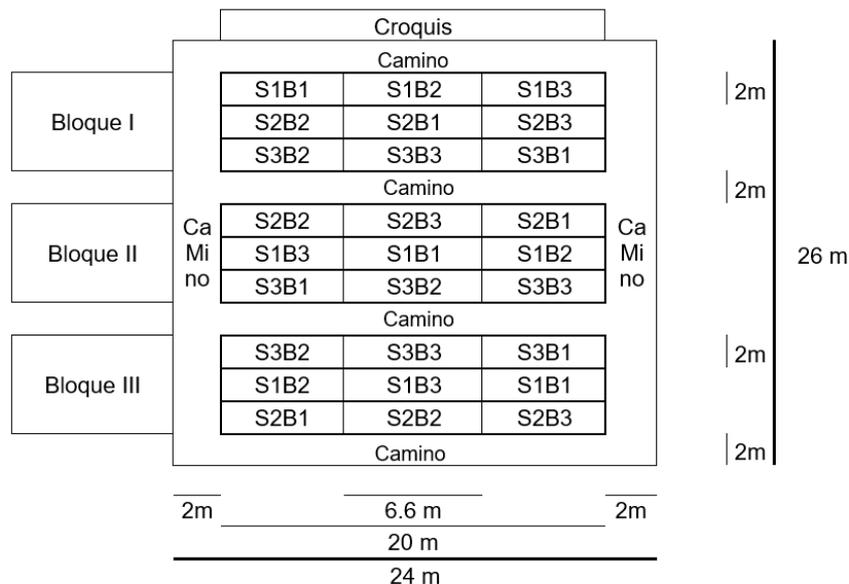


Figura 1: Croquis de distribución de tratamientos en campo.

3.3.2. Clima de la zona

La zona registra veranos cortos y nublados, está seco durante más de la mitad del año. La temperatura generalmente fluctúa entre los 3 a los 15 °C y en pocas ocasiones baja a menos 0°C o sube a más de 19 °C, durante los meses del presente experimento se registró una temperatura mínima promedio de 5°C y una temperatura máxima promedio de 15°C. Los meses de precipitación empiezan en octubre y culminan en mayo pudiendo fluctuar, el mes con mayor precipitación suele presentar un promedio de 20 mm. Weather Spark (2024)

3.3.3. Ubicación del experimento

El experimento se llevó a cabo en el distrito de Santiago de Chuco, provincia de Santiago de Chuco, región La Libertad en el caserío Cunguay el cual se encuentra a 5 minutos en auto del pueblo de Santiago de Chuco. El predio se localiza en las coordenadas 8° 09' 35" S 78° 10' 55" W, este se encuentra a 3140 msnm, el área destinada al experimento fue de 400 m² aproximadamente, el terreno presentó una pendiente del 10% y un relieve propio de la zona agrícola de la sierra.

3.3.4. Preparación de suelos

Se procedió a realizar la limpieza del terreno del cultivo anterior. Luego ingresó una yunta de toros con una punta de metal, la cual ingresó hasta los 15cm y sirvió para des compactar y airear el terreno, este procedimiento se repitió 2 veces más, siempre perpendicular a la dirección anterior. Posteriormente se ingresó a romper de forma manual con picota y una palana de hoja plana de manera manual los terrones grandes hasta que el suelo quedó suelto.

Se delimitaron las camas con un cordel a 10 cm del suelo, nivel al que se llevara la cama, dejando un surco profundo entre camas para la correcta evacuación del agua de lluvia de la parcela.

3.3.5. Instalación de microtúneles

Para la instalación de los microtúneles se realizaron al inicio de la cama pequeños hoyos, uno frente a otro, donde se enterró 30 cm los tubos de PVC formando un arco, estos tuvieron un distanciamiento de 2 metros, al primer y último arco se le reforzo con un tubo más. Terminada la instalación de los tubos de PVC se procedió a medir y cortar el plástico de polietileno el cual a los extremos se le hizo un nudo con sogas y se amarro a estacas, logrando así tensarlo de ambos lados.

3.3.6. Preparación de plantines

Se prepararon bandejas almacigueras de 162 conos, una para cada tratamiento, se utilizó el sustrato de nombre comercial "PLUG MIX" de la marca "Klassman" de procedencia letona, el cual primero se humedeció para posteriormente llenar las bandejas. Después se colocaron 2 semillas de lechuga por cono y se procedió a tapar haciendo una ligera presión.

3.3.7. Densidad de siembra

La densidad de siembra fue de 30 cm entre planta, por lo que se obtuvo un área para la planta de 0.09 m² dándonos un total de 267 plantas por cama de 20m de largo x 1.2 m de ancho, se tuvieron 89 plantas por unidad experimental. La siembra se realizó cuando las plántulas de lechuga tuvieron 3 o 4 hojas verdaderas. En el terreno se ingresaron los plantines para luego cubrirlos ligeramente con suelo realizando una ligera presión para que las raíces entren en contacto con el mismo. Unos 6 días antes del trasplante se aplicó a todas las unidades experimentales un enraizador, el cual tiene como ingredientes: auxinas, giberelinas y fósforo (12%), de nombre comercial "Wurzel" para favorecer la producción de raíces y el establecimiento del cultivo para la posterior aplicación de los tratamientos de biofertilización.

3.3.8. Aplicación de biofertilizantes

La aplicación de biofertilizantes se realizó en tres aplicaciones, la primera al día siguiente del trasplante, la siguiente a los 10 días del trasplante y la última fue a los 30 días del trasplante.

Dosis:

3.3.9. Fertilización

Se realizó un análisis de suelo para determinar la textura del suelo (anexo 1) donde se desarrolló el experimento, así mismo se realizó un análisis de la cantidad de materia orgánica (en %), el fósforo y potasio, así como el pH, información que sirvió para seleccionar los fertilizantes. Resaltar que la cantidad de nutrientes (anexo 1) en el suelo no fueron tomadas en cuenta porque se iba a adicionar completamente lo que el cultivo iba a demandar.

La dosis de NPK que se utilizó para el cultivo de lechuga fue de 120-50-180.

La fertilización para los tratamientos que tienen fertiirrigación fue de un 20% menos de nitrógeno, 1/3 de la cantidad de fosforo y 2/3 de la cantidad de potasio de la dosis edáfica. (Pinna, 2017) Luego se acomodó la fertilización obteniendo la siguiente dosis: 96 – 17 – 119, esta dosis fue la dosis que se usó también en la fertilización edáfica para tener una homogeneidad en los tratamientos.

Los fertilizantes que se usaron para la fertilización edáfica fueron nitrato de amonio(perlado), fosfato di amónico (perlado) y cloruro de potasio(polvo); para esta fertilización no se tuvo en cuenta los nutrientes aportados por el suelo según indicaba el análisis de suelo (Anexo 01). Para la fertiirrigación se usó el nitrato de amonio(perlado), el ácido fosfórico(liquido) y el cloruro de potasio(polvo), para esta fertilización no se tuvieron en cuenta la cantidad de minerales aportados por el suelo.

La aplicación de la fertilización edáfica fue la mitad del nitrógeno, todo el fósforo y todo el potasio, posteriormente se aplicó el resto de nitrógeno. Con respecto a la aplicación por sistema de riego esta se realizó 2 veces a la semana y la proporción la encontraremos en la tabla 3.

Tabla 3: Distribución de la dosis de NPK para el ciclo vegetativo.

Estadio	Días	Porcentaje de la dosis		
		N	P	K
Establecimiento	10	15	3	9
Desarrollo inicial	15	28	5	20
Desarrollo medio	25	28	6	40
Desarrollo total	20	25	3	50
Dosis Fertirriego	70	96	17	119

3.3.10. Riegos

Los tratamientos que tenían riego de secano más riego por goteo se realizaron a criterio hasta alcanzar capacidad de campo ya que los días posteriores llovía y el suelo se saturaba, se usó la aplicación gratuita “morecast” como apoyo en el pronóstico de lluvias, pero no era precisa en la zona.

En el tratamiento con microtúnel el riego realizado por cinta se dio hasta alcanzar capacidad de campo.

3.3.11. Manejo de plagas y enfermedades

Se contemplo la aplicación de sulfato de cobre pentahidratado, pero este no fue necesario ya que no se presentó incidencia de hongos en ningún tratamiento en campo a excepción de vivero donde un lado de una bandeja tuvo problemas con chupadera fungosa, plantas que fueron eliminadas.

Se realizó la aplicación de productos repelentes e insecticidas orgánicos con registro en SENASA, cuyos nombres comerciales fueron: “Crops-canela” (dosis según ficha técnica) con registro en SENASA N° 064-SENASA-PBA-EV y “Crops – capsic” (dosis según ficha técnica) con registro en SENASA N° 098-SENASA-PBA-EV, estos se aplicaron intercalados cada 15 días hasta cosecha como preventivo.

Todas las aplicaciones foliares se realizaron con coadyuvante agrícola. Adicionalmente se colocaron trampas pegantes amarillas en zonas periféricas para el monitorio de insectos voladores, cuya incidencia fue baja.

No se tuvo presencia de gusano cortador o mosca minadora por lo que no se realizaron aplicaciones para estos.

3.4. Técnicas e instrumentos de investigación

La técnica que se utilizó es la observación experimental.

Los instrumentos que se utilizaron para la recolección de datos fueron:

- Medidor de temperatura y humedad relativa
- Regla de metal
- Vernier digital
- Balanza compacta
- Balanza de precisión
- Teléfono celular con cámara fotográfica

3.5. Procesamiento y análisis de datos

El procesamiento de datos se realizó mediante el software de uso libre “Rstudio”, primero se realizó una prueba de Normalidad (Shapiro – Wilk), luego una prueba de Homogeneidad de variancias (Bartlett), posteriormente se realizó la prueba ANOVA (tabla 4) y finalmente una prueba de Tukey si o ameritaba.

3.5.1. Modelo Estadístico

$$Y_{ijk} = \mu + \rho_k + \alpha_i + E(\alpha_i) + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + E(\beta_j)$$

Siendo:

-i= 1,2,3 Niveles del factor S (Sistemas de cultivo)

-j= 1,2,3 niveles del factor B(Biofertilizantes)

-k= 1,2,3 niveles del factor de repeticiones

- μ = Efecto de la media general

- α_i = Efecto del i-esimo facto S en parcelas

- $E(\alpha_i)$ = Error de parcelas

- β_j = Efecto del j-esimo factor B en sub parcelas

- $(\alpha\beta)_{ij}$ = Termino de interacción o efecto de los factores S y B en los sub niveles i j

- $E(\beta_j)$ = Error en sub parcelas

- ρ_k = Efecto de los bloques

Tabla 4: Prueba de análisis de varianza (ANOVA).

Fuentes de variación	grados de libertad G.L.	Suma de cuadrados S.C.	cuadrado mgdio C.M.= $\frac{S.C}{G.L}$	F calculado F cal.
Bloques	r-1	SCbloq	CMbloq	-
Factor A	a-1	SCA	CMA	CMA/CME (a)
Error (a)	(a-1) (r-1)	SCE (a)	CME (a)	
Factor B	b-1	SCB	CMB	CMB/CME (b)
A x B	(a-1) (b-1)	SC (AxB)	CM (AxB)	$\frac{CM (AxB)}{CME (b)}$
Error (b)	a (b-1) (r-1)	SCE (b)	CME (b)	
Total	abr-1	SCTot		

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

- Análisis e interpretación de los resultados

4.1. Altura de planta

El tratamiento S3B2 es el que mayor altura consiguió durante las últimas dos semanas con 154.0 y 204.1 milímetros respectivamente. En la figura 2 se puede apreciar que en las semanas 3, 4 y 5 los tratamientos del sistema de producción “Secano” (S1B1, S1B2 Y S1B3) se distinguieron de los demás tratamientos, pero en las semanas 6 y 7 se aprecia que el restante de tratamientos igualó y superaron a los tratamientos antes mencionados. Se aprecia que ningún tratamiento sobresale durante todas las semanas.

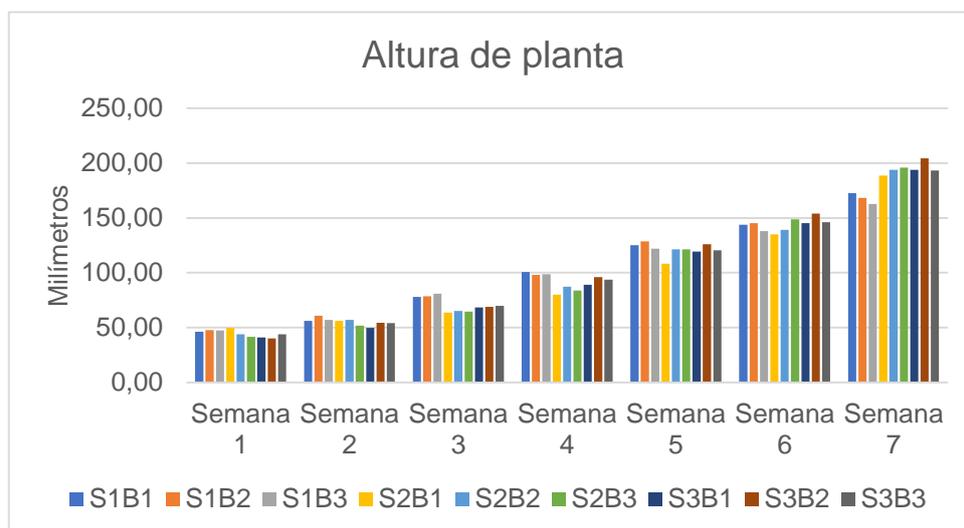


Figura 2: Altura de planta por semana en milímetros.

La altura obtenida por el tratamiento S3B2 es diferente a la obtenida por Neri et al (2017) esta difiere por 3 cm del tratamiento más alto obtenido por Neri et al (2017) pero es similar a los resultados de sus otros tratamientos, esta diferencia se podría explicar por el lugar donde se desarrolló la otra investigación. Girón-Carrillo (2018) obtuvo en el salvador una altura máxima de 13 centímetros lo cual es menor a los resultados obtenidos pero la diferencia se puede explicar por el clima donde se realizó.

Se realizaron las pruebas de normalidad (Shapiro - wilk) y homogeneidad (Barlett) las cuales mostraron que en todas las semanas existe normalidad y homogeneidad en los datos obtenidos (tabla 5), el análisis de varianza (ANOVA) nos indicó que en ninguna semana se encontró una alta significancia, ni entre sistemas, ni entre biofertilizantes, tampoco con ambos factores lo que indica que ningún factor tuvo diferencia estadística (tabla 5).

Tabla 5: Resultados de las pruebas Shapiro-Wilk, Barlett y ANOVA de la variable altura de planta según la semana de evaluación.

	Shapiro-wilk(p-valor)	Barlett (p-valor)	ANOVA (f-valor)	
Semana 1	0.798	0.551	Sistema	0.443
			Biofertilizante	0.666
			Sistema: Biofertilizante	0.221
Semana 2	0.216	0.384	Sistema	0.473
			Biofertilizante	0.334
			Sistema: Biofertilizante	0.691
Semana 3	0.816	0.774	Sistema	0.076
			Biofertilizante	0.895
			Sistema: Biofertilizante	0.998
Semana 4	0.075	0.906	Sistema	0.059
			Biofertilizante	0.613
			Sistema: Biofertilizante	0.812
Semana 5	0.222	0.086	Sistema	0.295
			Biofertilizante	0.294
			Sistema: Biofertilizante	0.677
Semana 6	0.938	0.085	Sistema	0.582
			Biofertilizante	0.723
			Sistema: Biofertilizante	0.61
Semana 7	0.079	0.287	Sistema	0.078
			Biofertilizante	0.826
			Sistema: Biofertilizante	0.875

4.1.1. Altura de planta según el biofertilizante en el sistema de producción

Según el sistema de producción “Secano” el tratamiento sin biofertilizante fue el que obtuvo mayor altura de planta con 172.6 mm seguido del tratamiento con *Trichoderma viride* el cual obtuvo 168.2 mm como lo podemos apreciar en la figura 3. No existe diferencia estadística entre los tratamientos con o sin biofertilizantes.

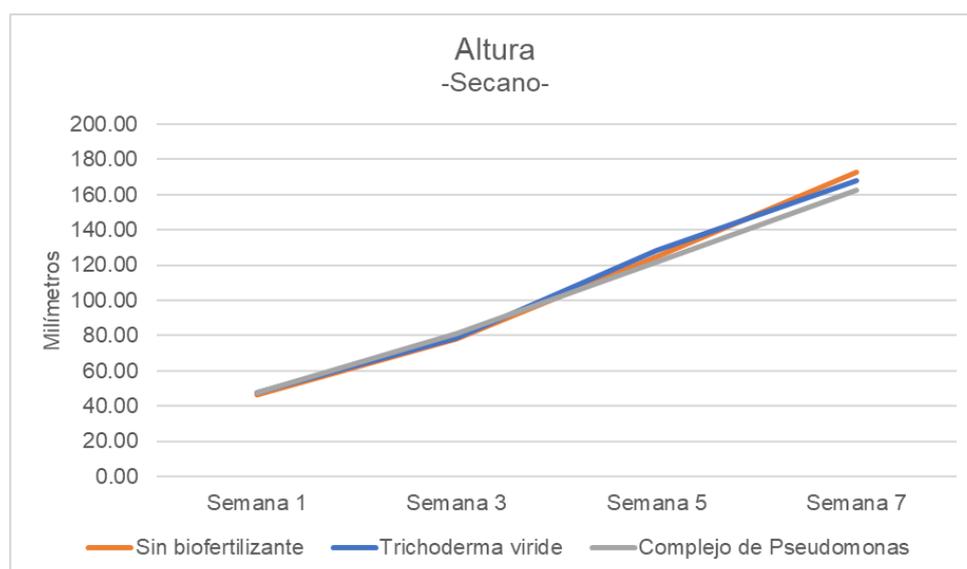


Figura 3: Altura de planta según el biofertilizante en el sistema de producción “Secano”.

Según el sistema de producción “Secano + Riego por goteo” los tratamientos que obtuvieron la mayor altura fueron aquellos que tuvieron el Complejo de Pseudomonas y *Trichoderma viride* con 192.9 mm y 193.8 mm respectivamente. Desde la semana 3 hasta la semana 7 el tratamiento sin biofertilizante fue el que resulto ultimo obteniendo en la semana 7 la altura 188.5 mm como se aprecia en la figura 4. No existe diferencia estadística entre los tratamientos con o sin biofertilizantes.

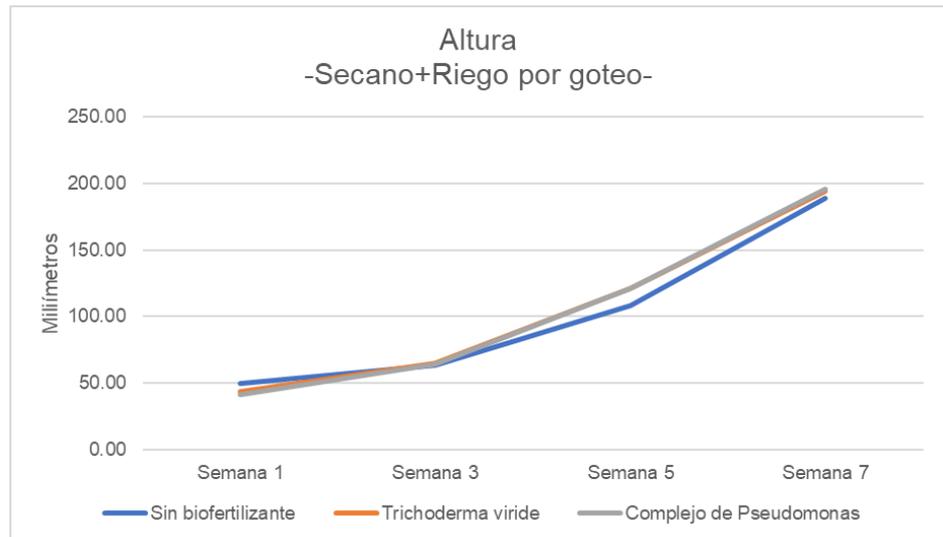


Figura 4: Altura de planta según el biofertilizante en el sistema de producción “Secano + Riego por goteo”.

Según el sistema de producción “Microtúnel” el tratamiento con *Trichoderma viride* obtuvo 204.1 mm de altura seguido de cerca por el tratamiento sin biofertilizante y con Complejo de Pseudomonas con 193.3 y 193.9 mm respectivamente como se aprecia en la figura 5. No existe diferencia estadística entre los tratamientos con o sin biofertilizantes.

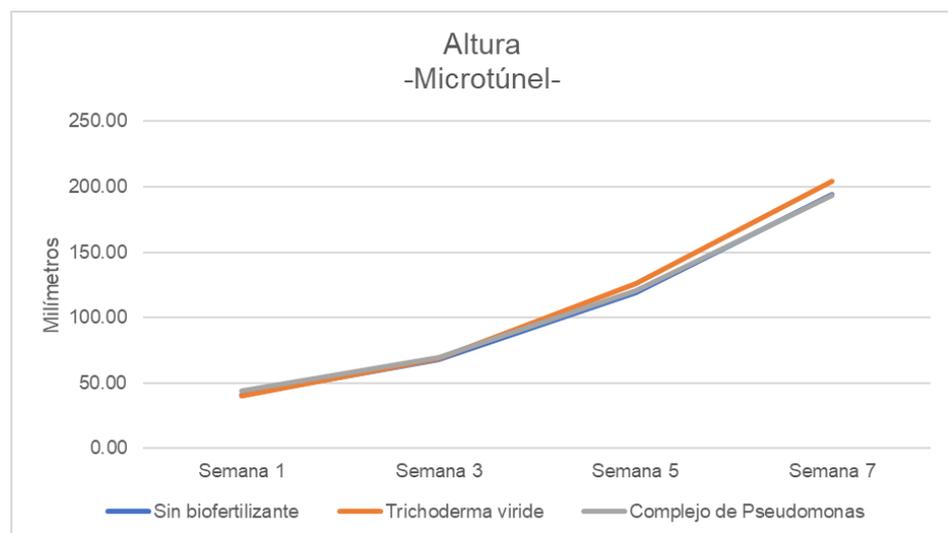


Figura 5: Altura de planta según el biofertilizante en el sistema de producción “Microtúnel”.

4.1.2. Altura de planta según el sistema de producción sin biofertilizantes

En la figura 6 se aprecia que el sistema de producción “Microtúnel” fue el que obtuvo mayor altura de planta con 193.9 mm seguido del sistema “Secano + Riego por goteo” y finalmente el sistema “Secano”. Se aprecia que el sistema “Secano” es quien se mantuvo como el primero desde la semana 2 hasta la semana 5 para luego ser superado por el sistema “Microtúnel”. No existe diferencia estadística entre los sistemas de producción.

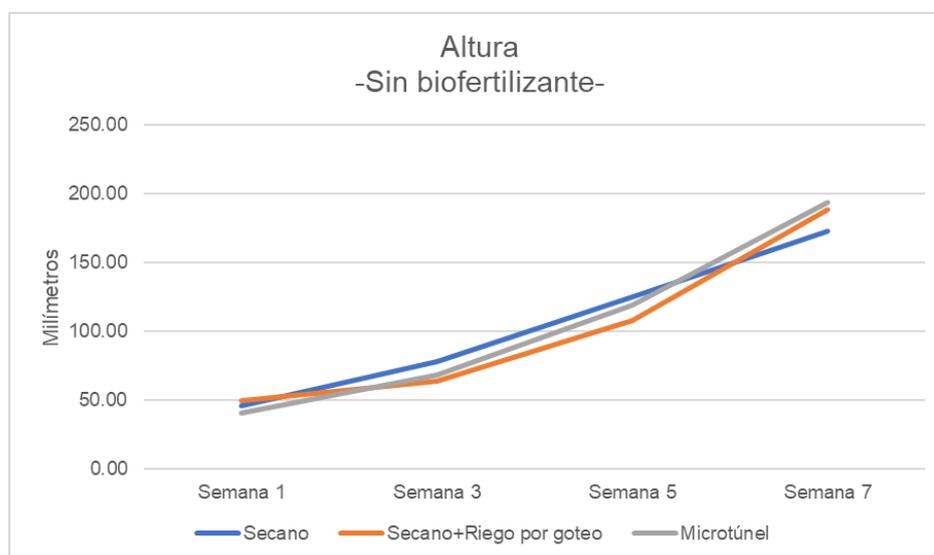


Figura 6: Altura de planta según el sistema de producción sin biofertilizantes.

4.2. Número de hojas

El tratamiento S1B1 fue el que mayor número de hojas obtuvo al final del experimento con un promedio de 21.7 hojas, según la figura 7 podemos apreciar que este tratamiento fue el de mayor número de hojas durante las semanas 4, 5, 6 y 7. Todos los tratamientos del sistema de producción “Secano” con o sin biofertilizantes se destacaron desde la semana 2 hasta la semana 7.

Los resultados obtenidos son similares a los obtenidos en Chachapoyas por Neri et al (2017), su mejor tratamiento obtuvo 24 hojas por planta mientras que el presente obtuvo un promedio de 21 hojas por planta.

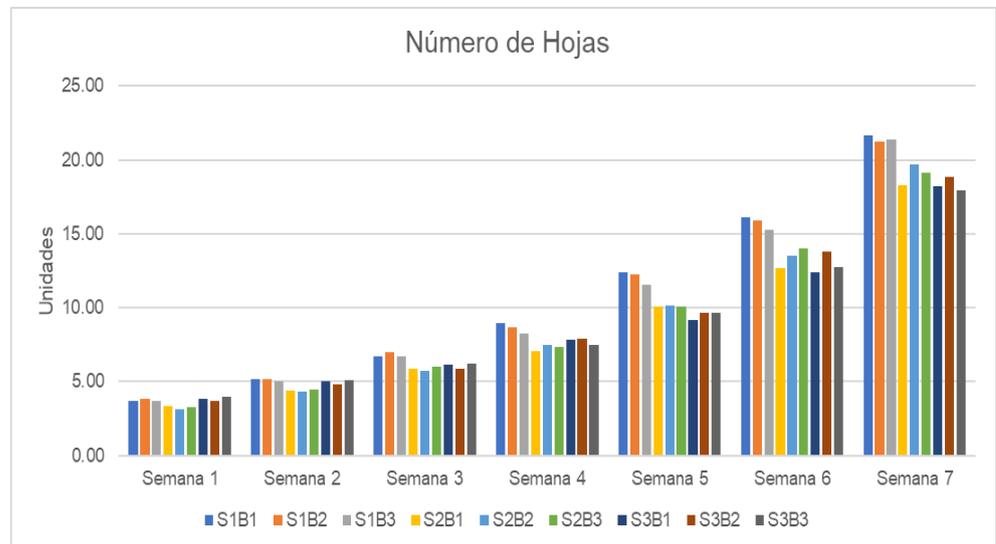


Figura 7: Número de hojas por tratamiento por semana.

Se realizaron las pruebas de normalidad (Shapiro - wilk) y homogeneidad (Barlett) las cuales mostraron que en todas las semanas existe normalidad y homogeneidad en los datos obtenidos (tabla 6), el análisis de varianza (ANOVA) indicó que en la semana 4 el p-valor es menor a 0.05 en el factor sistemas de producción, como se aprecia en la figura 8 la prueba de Tukey indicó que el sistema de producción "Secano" (S1) presenta diferencia estadística con los otros dos sistemas de producción pero estos últimos no presentan diferencia estadística entre sí. En la tabla 6 también se puede apreciar que en la semana 5 y 6 el factor sistemas obtiene un p-valor menor a 0.05, las pruebas de Tukey (figura 9 y 10) indican que no existe diferencia estadística entre ellos para ambos casos.

Tabla 6: Pruebas Shapiro – wilk, Barlett y ANOVA de la variable número de hoja según la semana de evaluación.

	Shapiro-wilk(p-valor)	Barlett (p-valor)	ANVA (f-valor)	
Semana 1	0.865	0.88	Sistema	0.097
			Biofertilizante	0.71
			Sistema: Biofertilizante	0.633
Semana 2	0.083	0.87	Sistema	0.172
			Biofertilizante	0.639
			Sistema: Biofertilizante	0.712
Semana 3	0.456	0.943	Sistema	0.057
			Biofertilizante	0.883
			Sistema: Biofertilizante	0.832
Semana 4	0.226	0.723	Sistema	0.00009***
			Biofertilizante	0.574
			Sistema: Biofertilizante	0.72
Semana 5	0.433	0.958	Sistema	0.023*
			Biofertilizante	0.879
			Sistema: Biofertilizante	0.832
Semana 6	0.941	0.728	Sistema	0.020
			Biofertilizante	0.571
			Sistema: Biofertilizante	0.614
Semana 7	0.872	0.716	Sistema	0.054
			Biofertilizante	0.817
			Sistema: Biofertilizante	0.756

```

NRO_HOJAS      std r      se Min Max Q25 Q50 Q75
s1  8.622222  0.7031674  9 0.08459052  7.6 9.6 8.4 8.8 9.0
s2  7.311111  0.6863753  9 0.08459052  6.4 8.4 6.6 7.4 7.8
s3  7.733333  0.8062258  9 0.08459052  6.4 9.2 7.4 7.8 8.2

```

Alpha: 0.05 ; DF Error: 2
Critical value of Studentized Range: 8.330783

Minimum significant Difference: 0.7047052

Treatments with the same letter are not significantly different.

```

NRO_HOJAS groups
s1  8.622222    a
s3  7.733333    b
s2  7.311111    b

```

Figura 8: Prueba Tukey del factor “Sistemas de producción” de la variable número de hojas de la semana 4.

	NRO_HOJAS	std r	se	Min	Max	Q25	Q50	Q75
S1	12.066667	1.0099505	9 0.4042277	10.6	13.4	11.2	12.6	12.80
S2	10.105556	0.8790778	9 0.4042277	8.8	11.4	9.4	10.4	10.75
S3	9.488889	0.9752493	9 0.4042277	8.0	11.2	8.8	9.8	10.00

Alpha: 0.05 ; DF Error: 2
Critical value of Studentized Range: 8.330783

Minimum Significant Difference: 3.367533

Treatments with the same letter are not significantly different.

NRO_HOJAS	groups
S1 12.066667	a
S2 10.105556	a
S3 9.488889	a

Figura 9: Prueba Tukey del factor “Sistemas de producción” de la variable número de hojas de la semana 5.

	NRO_HOJAS	std r	se	Min	Max	Q25	Q50	Q75
S1	15.77778	0.802773	9 0.4334102	14.4	16.6	15.2	16.0	16.4
S2	13.40556	1.135904	9 0.4334102	12.0	15.4	12.4	13.6	14.2
S3	12.97778	1.635373	9 0.4334102	11.0	15.8	11.6	13.2	13.8

Alpha: 0.05 ; DF Error: 2
Critical value of Studentized Range: 8.330783

Minimum Significant Difference: 3.610647

Treatments with the same letter are not significantly different.

NRO_HOJAS	groups
S1 15.77778	a
S2 13.40556	a
S3 12.97778	a

Figura 10: Prueba Tukey del factor “Sistemas de producción” de la variable número de hojas de la semana 6.

4.2.1. Número de hojas según el biofertilizante en el sistema de producción

La figura 11 nos indica que el sistema de producción “Secano” sin biofertilizante es el que obtuvo mayor promedio de número de hojas con 21.7 hojas seguido muy de cerca de los tratamientos con el Complejo de *Pseudomonas* Y *Trichoderma viride* con un promedio de 21.4 y 21.2 hojas. Durante todas las semanas no se aprecia una marcada diferencia.

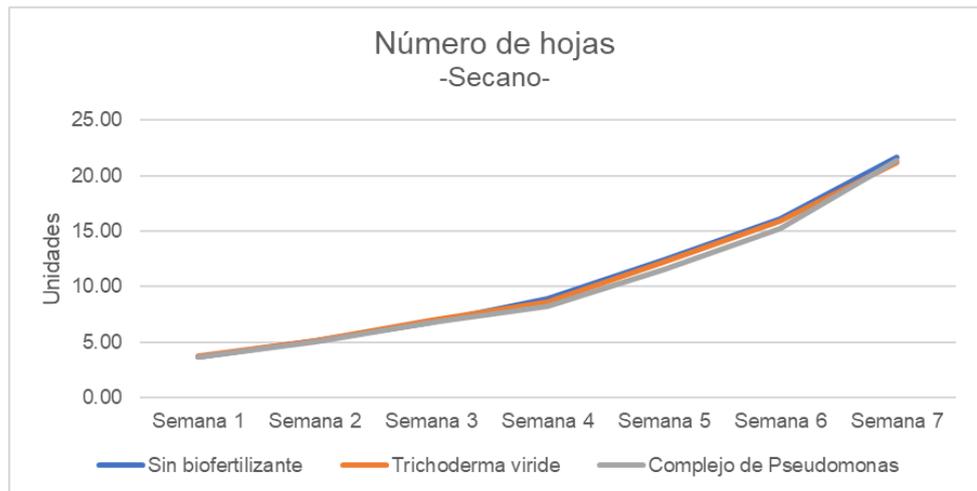


Figura 11: Número de hojas según el biofertilizante en el sistema de producción “Secano”.

En el sistema de producción “Secano + Riego por goteo”, el tratamiento que contiene *Trichoderma viride* obtuvo el mayor promedio de número de hojas con 19.7 hojas seguido del tratamiento con el Complejo de Pseudomonas con un promedio de 19.1 hojas y finalmente el tratamiento sin biofertilizante con un promedio de 18.3 hojas. Durante todas las semanas no se aprecia una marcada diferencia (figura 12).

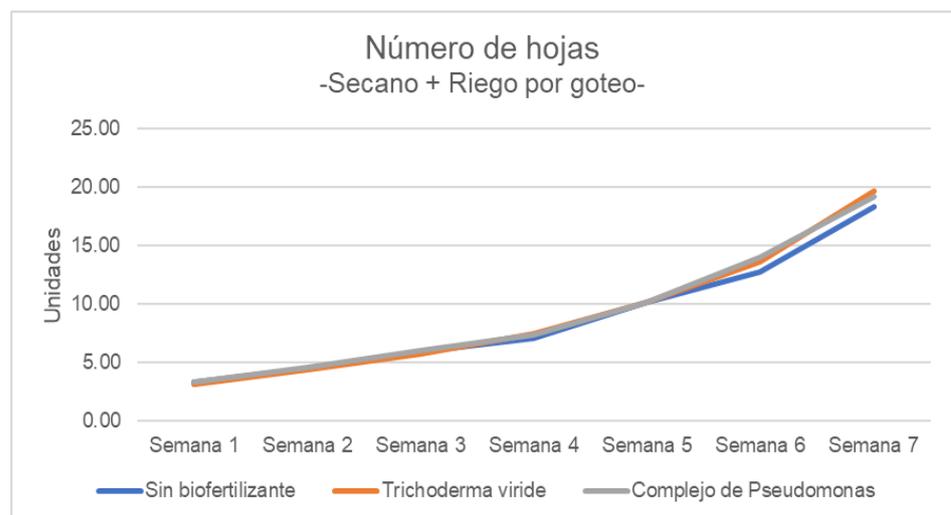


Figura 12: Número de hojas según el biofertilizante en el sistema de producción “Secano + Riego por goteo”.

La figura 13 nos indica que el sistema de producción “Microtúnel” con *Trichoderma viride* es el que obtuvo mayor promedio de número de hojas con 18.9 hojas seguido muy de cerca de los tratamientos sin biofertilizantes y con el Complejo de Pseudomonas con un promedio de 18.2 y 17.9 hojas. Durante todas las semanas no se aprecia una marcada diferencia.

Los resultados obtenidos son similares a los obtenidos por Neri et al (2017) difiriendo que sus resultados presentaron en algunos tratamientos hasta 24 hojas, 6 hojas más que el presente experimento.

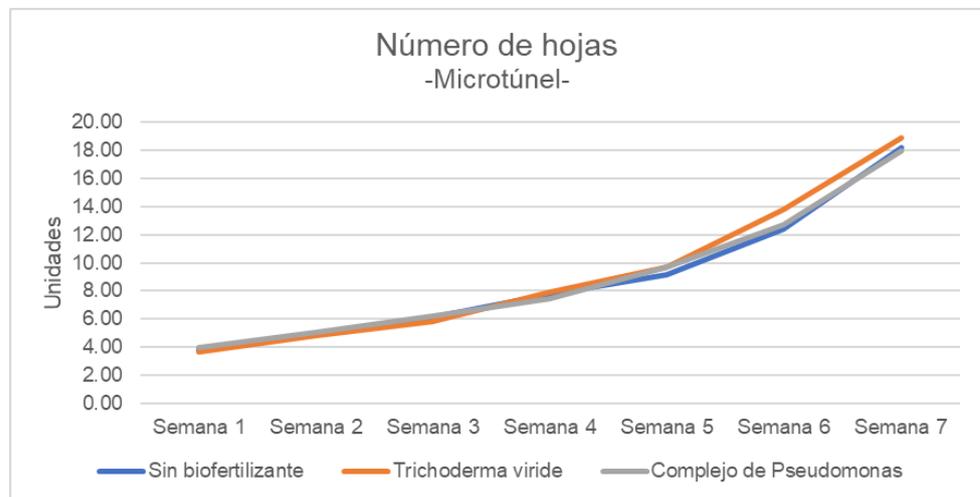


Figura 13: Número de hojas según el biofertilizante en el sistema de producción “Microtúnel”.

4.2.2. Número de hojas según el sistema de producción sin biofertilizantes

El sistema de producción que mayor promedio de hojas obtuvo fue el “Secano” con 21.7 hojas. Los sistemas de producción “Secano + Riego por goteo” y “Microtúnel” obtuvieron casi el mismo promedio de número de hojas con 18.3 y 18.2 hojas respectivamente. Se aprecia en la figura 14 como el sistema de producción “Secano” se destaca desde la semana 3 hasta la semana 7 de los demás sistemas de producción.

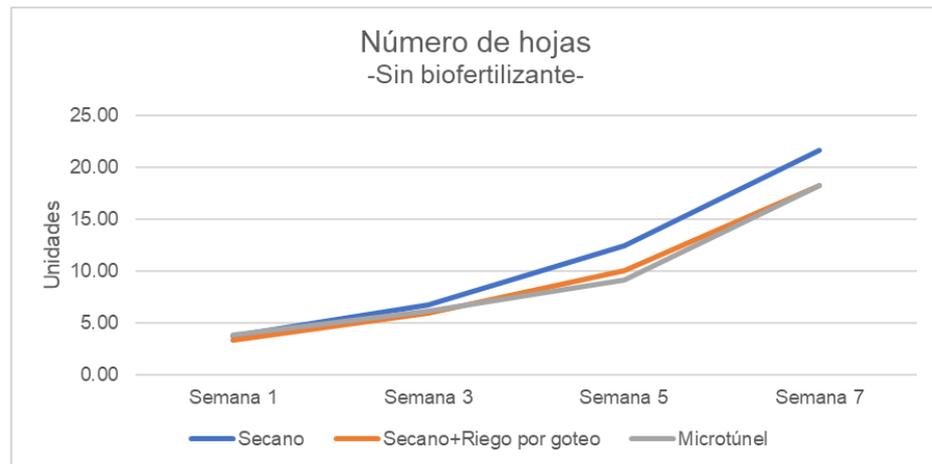


Figura 14: Número de hojas según el sistema de producción sin biofertilizantes.

4.3. Cobertura foliar

El tratamiento con una mayor área de cobertura foliar promedio fue el S3B3 con 687.1 cm² seguido de los tratamientos S3B2 y S2B3 los cuales tuvieron un área de cobertura foliar promedio de 671.5 y 670.2 centímetros cuadrados. Se aprecia en la figura 15 que los tratamientos S1B1 y S1B2 se destacan desde la semana 2 hasta la semana 6 que son superados por los tratamientos al inicio mencionados.

Los resultados son similares a los obtenidos por Girón-Carrillo (2018) en El Salvador, sus lechugas presentaban en promedio una cobertura foliar de 907 cm² mientras que las obtenidas por el presente trabajo obtuvieron 687 cm² en promedio la diferencia se podría explicar por el uso de diferente variedad y el clima.

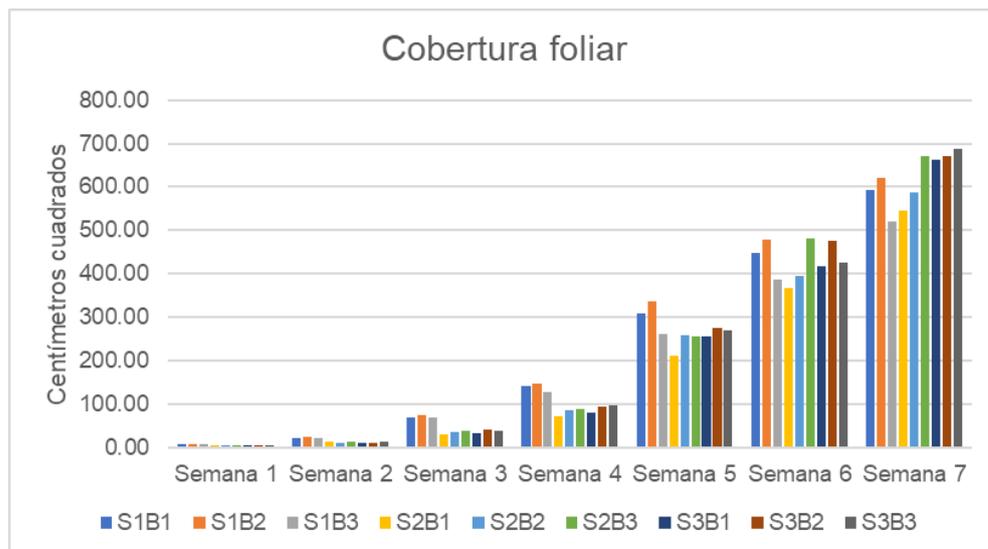


Figura 15: Cobertura foliar por tratamiento por semana.

Se realizaron las pruebas de normalidad (Shapiro – wilk) y homogeneidad (Barlett) las cuales mostraron que en todas las semanas existe normalidad y homogeneidad en los datos obtenidos (tabla 7), el análisis de varianza (ANOVA) indico que el p-valor es menor a 0.05 en las semanas 2 y 3 en el factor sistemas de producción, como se observa en las figuras 16 y 17 la prueba Tukey no indica diferencia entre los sistemas de producción.

Tabla 7: Pruebas de Shapiro - wilk, Barlett y ANOVA de la variable cobertura foliar según la semana de evaluación.

	Shapiro-wilk (p-valor)	Barlett (p-valor)	ANOVA (p-valor)
Semana 1	0.74	0.684	Sistema
			Biofertilizante
			Sistema: Biofertilizante
Semana 2	0.414	0.626	Sistema
			Biofertilizante
			Sistema: Biofertilizante
Semana 3	0.984	0.243	Sistema
			Biofertilizante
			Sistema: Biofertilizante
Semana 4	0.513	0.613	Sistema
			Biofertilizante
			Sistema: Biofertilizante
Semana 5	0.345	0.657	Sistema
			Biofertilizante
			Sistema: Biofertilizante
Semana 6	0.774	0.128	Sistema
			Biofertilizante
			Sistema: Biofertilizante
Semana 7	0.929	0.351	Sistema
			Biofertilizante
			Sistema: Biofertilizante

```

COBERTURA      std r      se  Min  Max  Q25  Q50  Q75
S1  22.22778  3.954490 9  2.018801 13.67 26.08 21.59 22.71 25.03
S2  11.55333  4.920130 9  2.018801  7.45 18.95  7.83  8.59 16.29
S3  10.49222  3.100689 9  2.018801  5.52 16.13  8.71 10.91 12.28
    
```

Alpha: 0.05 ; DF Error: 2
 Critical value of Studentized Range: 8.330783

Minimum Significant Difference: 16.81819

Treatments with the same letter are not significantly different.

```

COBERTURA groups
S1  22.22778      a
S2  11.55333      a
S3  10.49222      a
    
```

Figura 16: Prueba Tukey del factor "Sistemas de producción" de la variable cobertura foliar de la semana 2.

	COBERTURA	std r	se	Min	Max	Q25	Q50	Q75
S1	69.88000	10.91649	5.679397	51.91	81.75	68.97	70.66	77.63
S2	33.95667	11.17254	5.679397	20.03	51.86	26.17	29.59	43.09
S3	36.81444	12.60255	5.679397	14.37	61.67	31.20	37.38	39.99

Alpha: 0.05 ; DF Error: 2
Critical value of Studentized Range: 8.330783
Minimum Significant Difference: 47.31383
Treatments with the same letter are not significantly different.

COBERTURA	groups
S1 69.88000	a
S3 36.81444	a
S2 33.95667	a

Figura 17: Prueba Tukey del factor “Sistemas de producción” de la variable cobertura foliar de la semana 3.

4.3.1. Cobertura foliar según el biofertilizante en el sistema de producción

La figura 18 nos muestra que el sistema de producción “Secano” con *Trichoderma viride* fue el mejor en la semana 7 con un área promedio de cobertura foliar de 619.9 cm² seguido del tratamiento sin biofertilizante y Complejo de Pseudomonas con 592.8 y 520.4 cm² respectivamente.

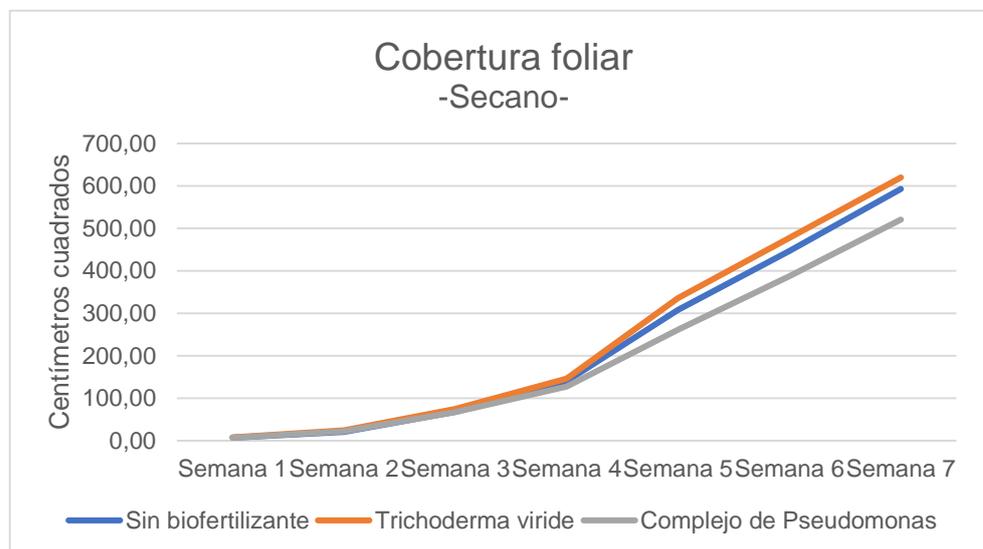


Figura 18: Cobertura foliar según el biofertilizante en el sistema de producción “Secano”.

El sistema de producción “Secano + Riego por goteo” con el Complejo de Pseudomonas obtuvo en promedio un área de cobertura foliar de 670.2 cm² en la semana 7, superando a los otros dos tratamientos desde la semana 5. Los tratamientos con *Trichoderma viride* y sin biofertilizante obtuvieron en promedio un área de cobertura foliar de 587.0 y 545.2 cm² respectivamente como se aprecia en la figura 19.

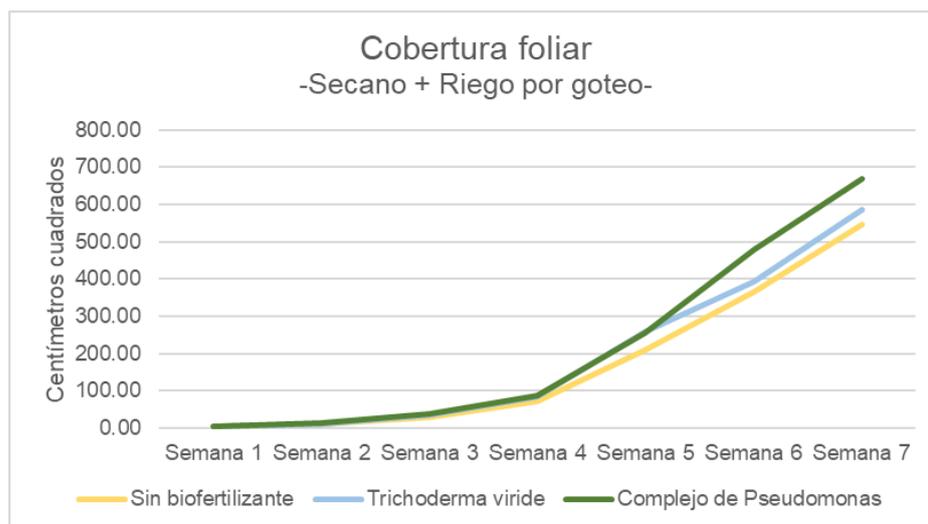


Figura 19: Cobertura foliar según el biofertilizante en el sistema de producción “Secano + Riego por goteo”.

En el sistema de producción “Microtúnel” durante todas las semanas no se aprecia una diferencia marcada entre los tratamientos con biofertilizante y el sin biofertilizantes, el tratamiento con Complejo de Pseudomonas obtuvo en promedio un área de cobertura foliar de 687.0 cm² seguido del tratamiento con *Trichoderma viride* con un promedio de cobertura foliar de 671.5 cm² y finalmente el tratamiento sin biofertilizante que obtuvo un promedio de área de cobertura foliar de 662.0 cm².

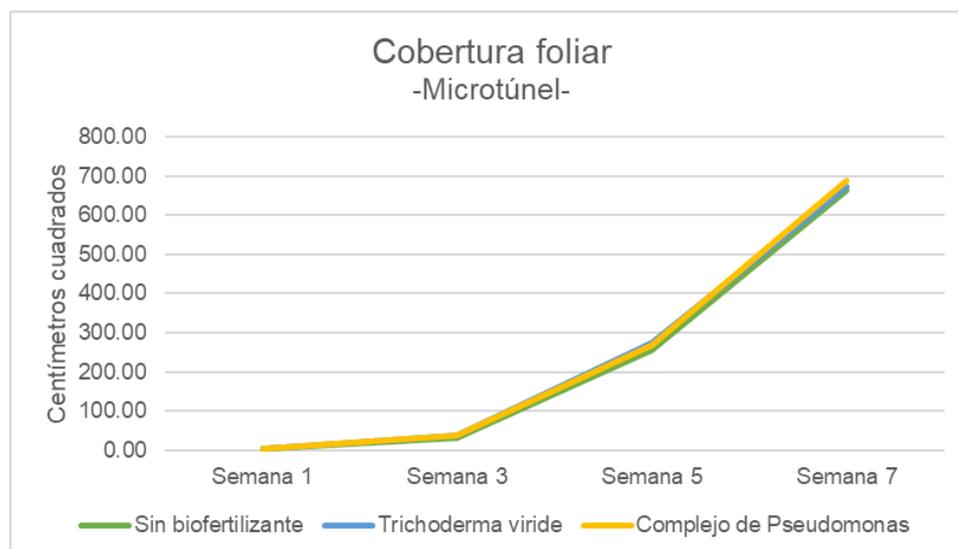


Figura 20: Cobertura foliar según el biofertilizante en el sistema de producción "Microtúnel".

4.3.2. Cobertura foliar según el sistema de producción sin biofertilizantes

El sistema de producción que mayor área promedio de cobertura foliar obtuvo fue el "Microtúnel" con 662.0 cm². Los sistemas de producción "Secano" y "Secano + Riego por goteo" obtuvieron un área promedio de cobertura foliar de 592.8 y 545.2 cm². En la figura 21 se aprecia como el sistema de producción "Secano" se mantuvo como mejor tratamiento desde la semana 1 hasta la semana 6, así también el sistema de producción "Secano + Riego por goteo" se colocó como el tratamiento que obtuvo la menor área promedio de cobertura foliar desde la semana 3 hasta la semana 7.

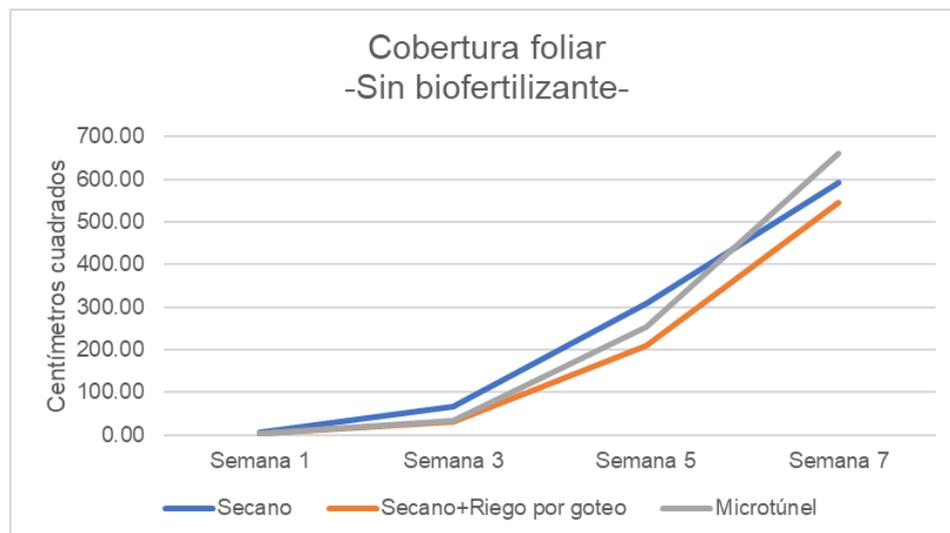


Figura 21: Cobertura foliar según el sistema de producción sin biofertilizantes.

4.4. Peso fresco de la parte aérea

En la primera evaluación a los 15 días después del transplante el tratamiento S1B1 obtuvo en promedio 33.7 gramos de peso fresco de la parte aérea seguido de los tratamientos S1B2 y S1B3 los cuales obtuvieron en promedio 19.7 gramos. El tratamiento S2B3 fue el último tratamiento obteniendo en promedio 9 gramos.

En la evaluación que se realizó al momento de la cosecha se observó que el tratamiento que obtuvo mayor peso fresco en promedio fue el S1B2 con 361.3 gramos seguido de los tratamientos S2B3 y S3B2 los cuales obtuvieron 333 y 315 gramos respectivamente. En la figura 22 se aprecia con claridad la diferencia de pesos entre las evaluaciones.

Resalto que comparando los resultados de los biofertilizantes en los tres sistemas de producción destaca que en sistema de producción "Secano" con *Trichoderma viride* obtiene el mayor peso fresco, en el sistema de producción "Secano + Riego por goteo", el complejo de *Pseudomonas* es quien obtiene el mayor peso fresco y en el sistema de producción "Microtúnel" los biofertilizantes *Trichoderma viride* y el complejo de *Pseudomonas* obtiene pesos muy similares, esto se aprecia mejor en las figuras 23, 24 y 25.

Los resultados fueron superiores a los obtenidos por Girón-Carrillo (2018), Terry et al (2011) y Saavedra et al (2017), diferencias las cuales se pueden explicar por los lugares donde se desarrollaron, de los tres mencionados lo obtenido por Saavedra et al (2017) son los más similares a los obtenidos en el presente trabajo.

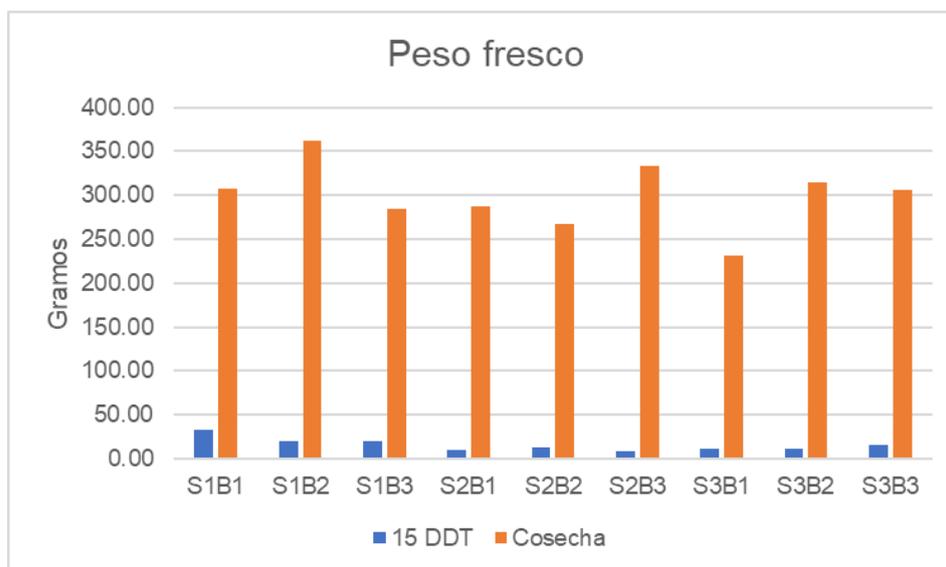


Figura 22: Peso fresco de la parte aérea por tratamiento en gramos a los 15 días después del transplante y la cosecha.

Se realizaron las pruebas de normalidad (Shapiro – wilk) y homogeneidad (Barlett) para la evaluación a los 15 DDT, la prueba de Barlett nos entregó un resultado de p-valor ligeramente menor a 0.05 por lo que no hay homogeneidad en los datos y por ende no se pudo usar el test ANOVA, por lo que hay que tener cautela al interpretar los datos obtenidos.

Se realizaron las pruebas de normalidad (Shapiro- wilk) y homogeneidad (Barlett) las cuales mostraron que en los datos hay normalidad y homogeneidad como se aprecia en la tabla 8, el análisis de varianza (ANOVA) indicó que en esta evaluación no hay una diferencia estadística entre sistemas de producción, tampoco entre biofertilizantes y tampoco entre ambos factores lo que reafirma que ningún factor tuvo diferencia estadística.

Tabla 8: Pruebas de Shapiro – wilk, Barlett y ANOVA de la variable Peso fresco de la parte aérea a los 15 DDT y la cosecha.

	Shapiro-wilk(p-valor)	Barlett (p-valor)	ANOVA (f-valor)	
Evaluación 15 DDT	0.826	0.048	Sistema	/
			Biofertilizante	/
			Sistema: Biofertilizante	/
Evaluación a la cosecha	0.067	0.619	Sistema	0.764
			Biofertilizante	0.244
			Sistema: Biofertilizante	0.147

4.4.1. Peso fresco de la parte aérea según el biofertilizante en el sistema de producción

La figura 23 muestra que en la evaluación a los 15 DDT el sistema de producción “Secano” sin biofertilizante fue el que obtuvo el mayor peso fresco con 33.7 gramos en promedio.

En la evaluación a la cosecha el sistema de producción “Secano” con *Trichoderma viride* fue el que obtuvo el mayor peso fresco con 361.3 gramos en promedio, seguido del sistema sin biofertilizante con 307.6 gramos en promedio y finalmente el sistema con el Complejo de Pseudomonas con 285 gramos en promedio de peso fresco.

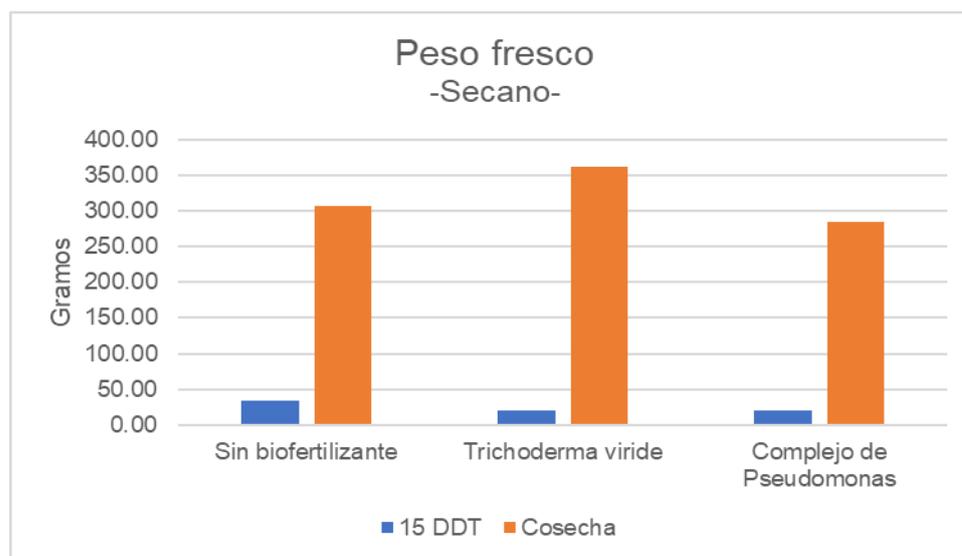


Figura 23: Peso fresco de la parte aérea según el biofertilizante en el sistema de producción “Secano”.

En la evaluación a los 15 DDT el sistema de producción “Secano + Riego por goteo” con *Trichoderma viride* obtuvo el mayor peso fresco con 13 gramos en promedio.

En la evaluación a la cosecha el sistema de producción “Secano + Riego por goteo” con el Complejo de Pseudomonas fue el que obtuvo el mayor peso fresco con 333 gramos en promedio seguido del sistema sin biofertilizante con 286.7 gramos en promedio y finalmente el sistema con *Trichoderma viride* con 267 gramos en promedio de peso fresco (Figura 24).

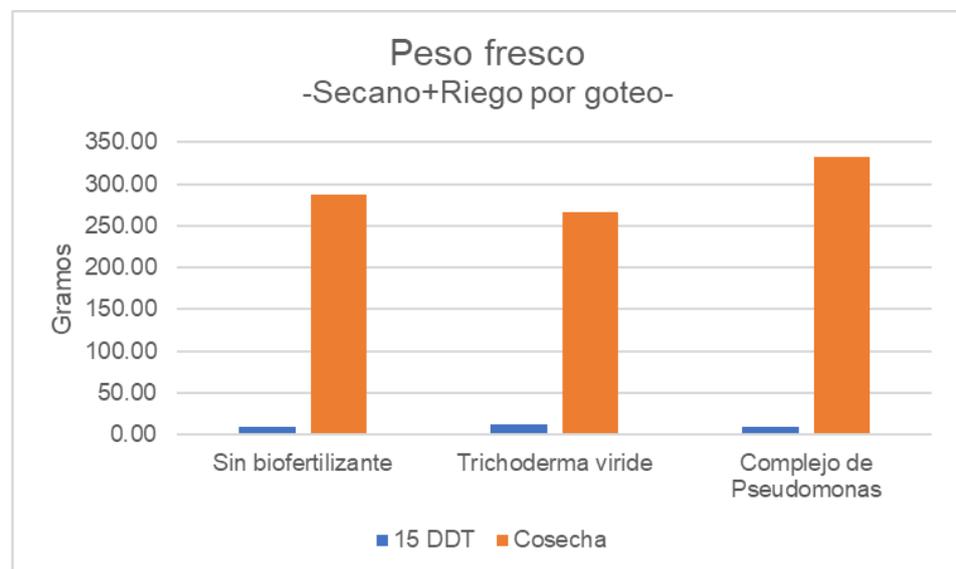


Figura 24: Peso fresco de la parte aérea según el biofertilizante en el sistema de producción “Secano + Riego por goteo”.

La figura 25 muestra que, en la evaluación a los 15 DDT, el sistema de producción “Microtúnel” con el Complejo de Pseudomonas obtuvo el mayor peso fresco con 16 gramos en promedio.

En la evaluación a la cosecha, el sistema de producción “Microtúnel” con *Trichoderma viride* fue el que obtuvo el mayor peso fresco con 315 gramos en promedio seguido del sistema con el Complejo de Pseudomonas con 306.3 gramos en promedio y finalmente el sistema sin biofertilizante obtuvo un peso fresco promedio de 232 gramos.

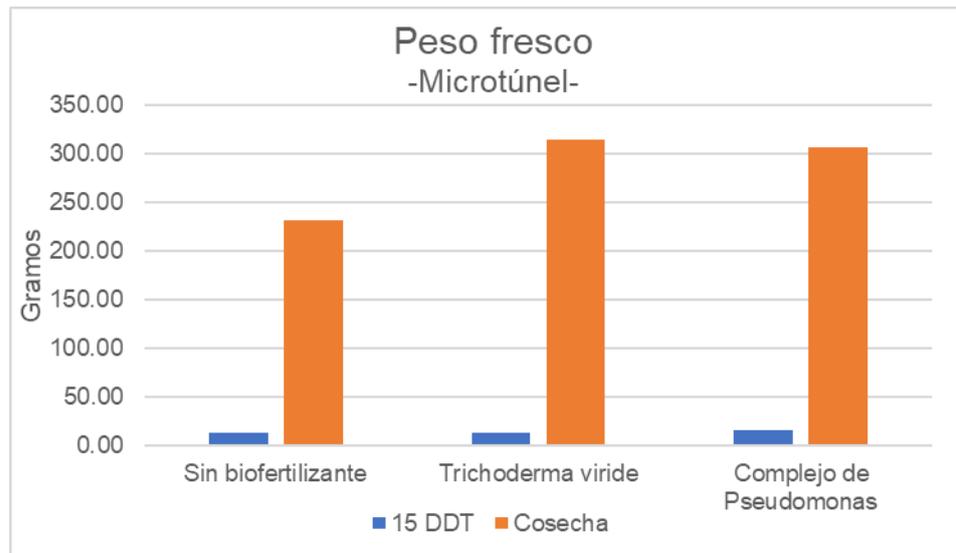


Figura 25: Peso fresco de la parte aérea según el biofertilizante en el sistema de producción “Microtúnel”.

4.4.2. Peso fresco de la parte aérea según el sistema de producción sin biofertilizantes

En la evaluación a los 15 DDT, el sistema de producción sin la aplicación de biofertilizantes que mayor peso fresco obtuvo fue el “Secano” con 33.7 gramos en promedio.

En la figura 26 podemos ver que en la evaluación a la cosecha el sistema de producción sin la aplicación de biofertilizantes que mayor peso fresco obtuvo fue el “Secano” con 307.7 gramos en promedio seguido del sistema “Secano + Riego por goteo” con 286.7 gramos en promedio y finalmente el sistema “Microtúnel” con 232 gramos en promedio de peso fresco.

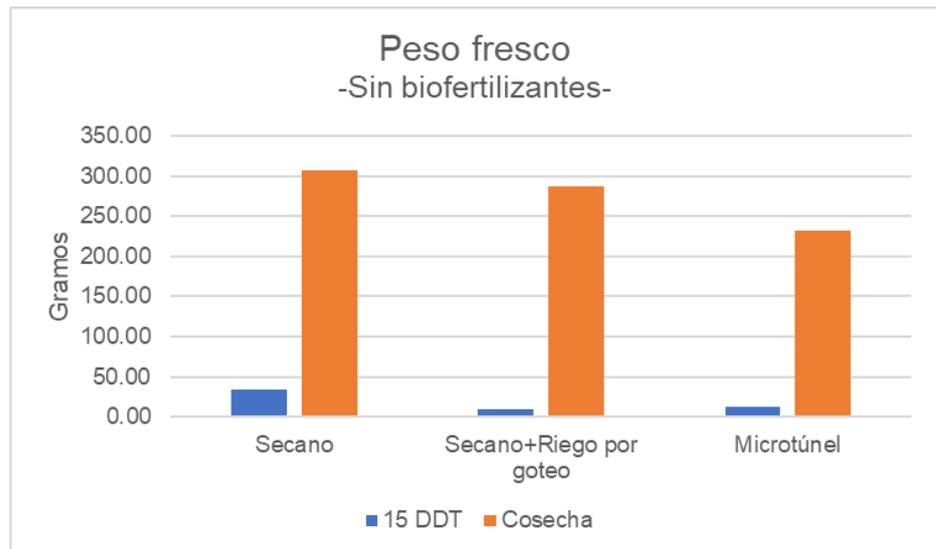


Figura 26: Peso fresco de la parte aérea según el sistema de producción sin biofertilizantes.

4.5. Peso seco de la parte aérea

En la evaluación a los 15 DDT el tratamiento S1B1 obtuvo en promedio 2.7 gramos de peso seco de la parte aérea seguido del tratamiento S1B3 y S1B2 los cuales obtuvieron en promedio 1.6 y 1.6 gramos respectivamente.

En la evaluación que se realizó al momento de la cosecha se obtuvo que el tratamiento con mayor peso seco en promedio fue el S1B2 con 22.9 gramos seguido de los tratamientos S2B3 y S1B3 los cuales obtuvieron 21.8 y 21.7 gramos de peso seco respectivamente. En la figura 27 se parecía que el tratamiento S3B1 fue el que obtuvo el menor peso seco con 15.9 gramos en promedio.

Resalto que comparando los resultados de los biofertilizantes en los tres sistemas de producción destaca que en sistema de producción "Secano" *Trichoderma viride* obtiene el mayor peso seco, en el sistema de producción "Secano + Riego por goteo", el Complejo de *Pseudomonas* es quien obtiene el mayor peso seco y en el sistema de producción "Microtúnel" los biofertilizantes

Trichoderma viride y el Complejo de *Pseudomonas* obtiene pesos muy similares, esto se aprecia mejor en las figuras 29, 30 y 31.

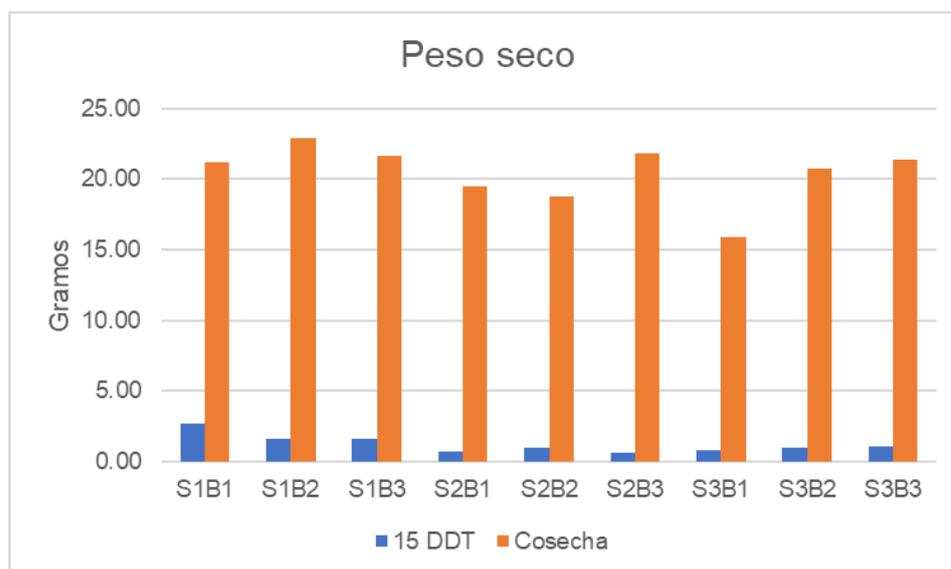


Figura 27: Peso seco de la parte aérea por tratamiento en gramos a los 15 días después del transplante y la cosecha.

Se realizaron las pruebas de normalidad (Shapiro – wilk) y homogeneidad (Barlett) para la evaluación a los 15 DDT, las cuales demostraron que hay normalidad y homogeneidad en los datos, el análisis de varianza (ANOVA) indicó que la interacción entre factores sistemas de producción y biofertilizantes el p valor es ligeramente menor a 0.05, también indicó que el p-valor es muchísimo menor a 0.05 en el factor sistemas de producción lo que nos indica que hay una diferencia significativa entre sistemas de producción a los 15 DDT. En la figura 28 se aprecia como el sistema de producción “Secano” no tiene diferencia estadística con el sistema de producción “Microtúnel” pero si con el sistema de producción “Secano + Riego por goteo”, también resalta que este último no tiene diferencias estadísticas con el sistema de producción “Microtúnel”.

Se realizaron las pruebas de normalidad (Shapiro – wilk) y homogeneidad (Barlett) para la evaluación a la cosecha, las cuales mostraron que hay normalidad y homogeneidad en los datos, el análisis de varianza (ANOVA) nos indica que no hay una diferencia estadística entre sistemas de producción, tampoco entre biofertilizantes y tampoco entre ambos factores lo que reafirma que ningún factor tuvo diferencia estadística.

Tabla 9: Pruebas de Shapiro – wilk, Barlett y ANOVA de la variable Peso seco de la parte aérea a los 15 DDT y la cosecha.

	Shapiro-wilk(p-valor)	Barlett (p-valor)	ANOVA (p-valor)	
Evaluación 15 DDT	0.68	0.117	Sistemas	0.0076**
			Biofertilizantes	0.287
			Sistema: Biofertilizantes	0.044*
Evaluación a la cosecha	0.171	0.87	Sistemas	0.259
			Biofertilizantes	0.19
			Sistemas: Biofertilizantes	0.45

```

SISTEMAS, means

      PESO_SECO      std r      se  Min  Max  Q25  Q50  Q75
S1 1.9711111 0.7384011 9 0.1377195 1.32 3.31 1.63 1.71 1.90
S2 0.8111111 0.3155727 9 0.1377195 0.42 1.36 0.49 0.85 0.92
S3 0.9655556 0.2019351 9 0.1377195 0.62 1.25 0.91 1.00 1.09

Alpha: 0.05 ; DF Error: 2
Critical Value of Studentized Range: 8.330783

Minimun Significant Difference: 1.147311

Treatments with the same letter are not significantly different.

      PESO_SECO groups
S1 1.9711111      a
S3 0.9655556     ab
S2 0.8111111      b

```

Figura 28: Prueba Tukey del factor “Sistemas de producción” de la variable Peso seco en la evaluación a los 15 DDT.

4.5.1. Peso seco de la parte aérea según el biofertilizante en el sistema de producción

En la evaluación a los 15 DDT, el sistema de producción “Secano” sin el biofertilizante obtuvo el mayor peso seco con 2.7 gramos en promedio.

En la evaluación a la cosecha, el sistema de producción “Secano” con *Trichoderma viride* fue el que obtuvo el mayor peso seco con 22.9 gramos en promedio seguido de cerca del sistema con el Complejo de Pseudomonas, con 21.7 gramos en promedio y finalmente el sistema sin biofertilizantes con 21.2 gramos en promedio de peso seco.

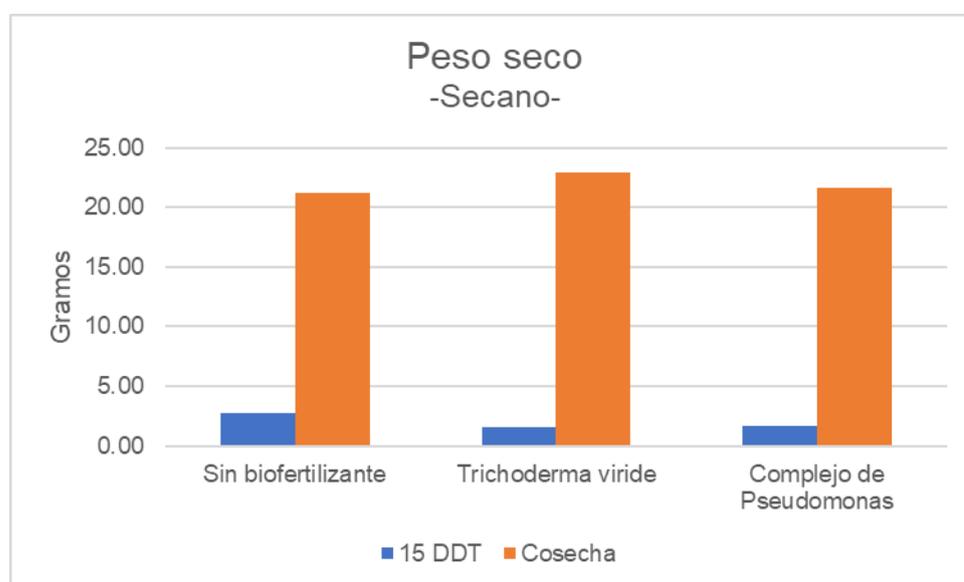


Figura 29: Peso seco de la parte aérea según el biofertilizante en el sistema de producción “Secano”.

La figura 30 muestra que en la evaluación a los 15 DDT, el sistema de producción “Secano + Riego por goteo” con *Trichoderma viride* obtuvo el mayor peso seco con 1.0 gramo en promedio.

La figura 30 también muestra que, en la evaluación a la cosecha, el sistema de producción “Secano + Riego por goteo” con el Complejo de Pseudomonas fue el que obtuvo el mayor peso seco con 21.8 gramos en promedio seguido por el sistema sin biofertilizante con 19.5 gramos en promedio y finalmente el sistema con Trichoderma viride el cual obtuvo 18.8 gramos en promedio de peso seco.

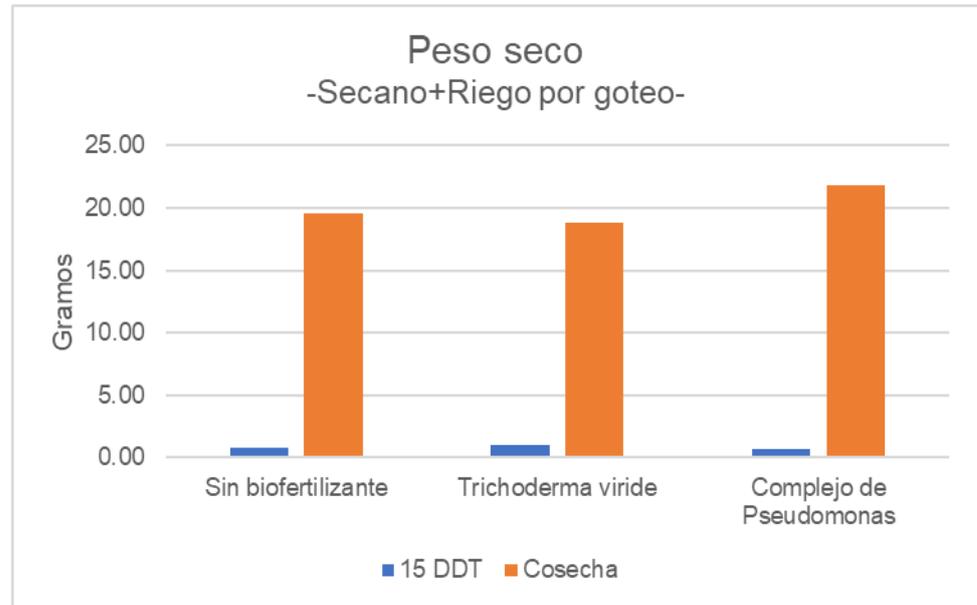


Figura 30: Peso seco de la parte aérea según el biofertilizante en el sistema de producción “Secano + Riego por goteo”.

En la evaluación a los 15 DDT, el sistema de producción “Microtúnel” con el Complejo de Pseudomonas obtuvo el mayor peso seco promedio con 1.0 gramo.

En la evaluación a la cosecha, el sistema de producción “Microtúnel” con el Complejo de Pseudomonas fue el que obtuvo el mayor peso seco promedio con 21.4 gramos seguido de los sistemas con Trichoderma y sin biofertilizantes los cuales obtuvieron un peso seco de 20.7 y 15.9 gramos en promedio.

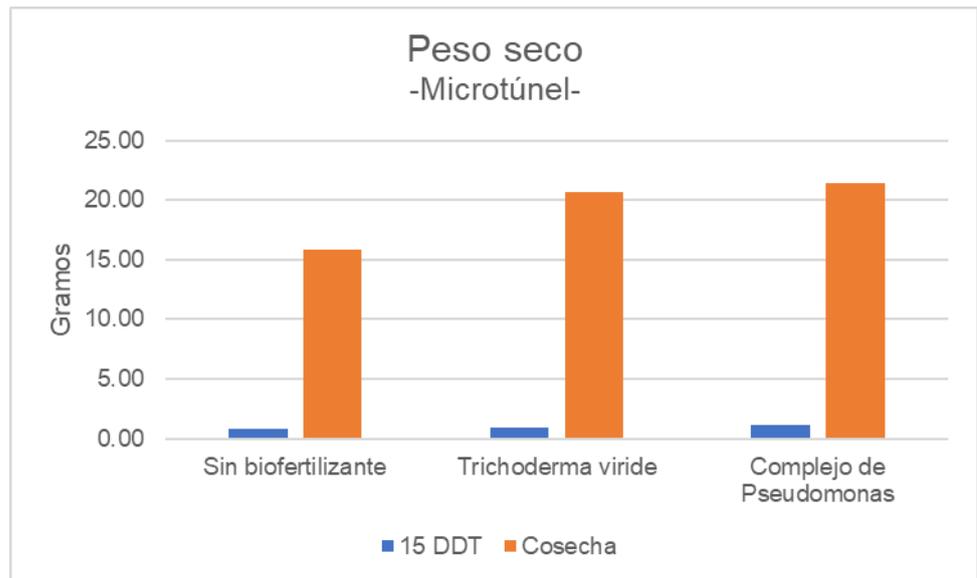


Figura 31: Peso seco de la parte aérea según el biofertilizante en el sistema de producción “Microtúnel”.

4.5.2. Peso seco de la parte aérea según el sistema de producción sin biofertilizantes

En la figura 32 podemos ver que, en la evaluación a los 15 DDT, el sistema de producción sin la aplicación de biofertilizantes que mayor peso seco obtuvo fue el “Secano” con 2.7 gramos en promedio.

En la evaluación al a cosecha, el sistema de producción sin la aplicación de biofertilizantes que mayor peso seco obtuvo fue el sistema “Secano” con 21.2 gramos en promedio seguido de los sistemas “Secano + Riego por goteo” y “Microtúnel” con 19.5 y 15.9 gramos de peso seco en promedio.

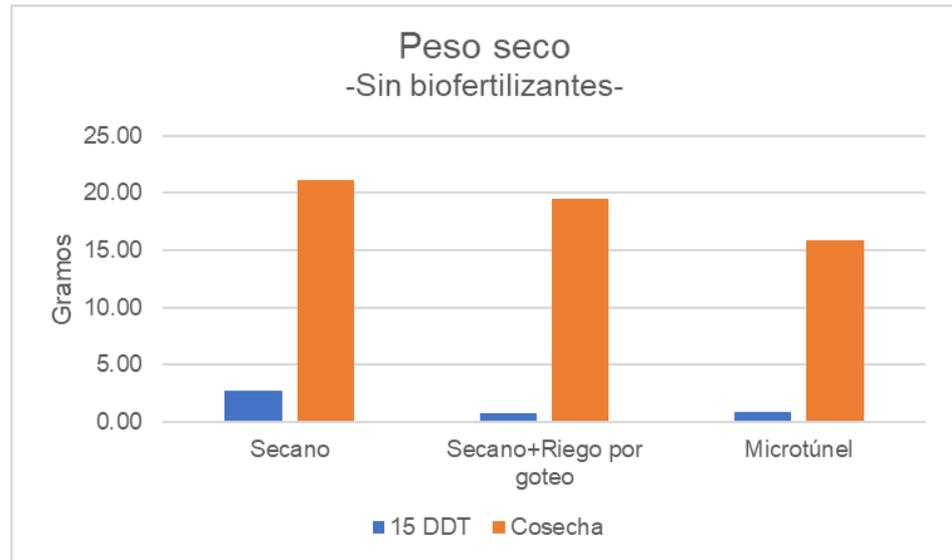


Figura 32: Peso seco de la parte aérea según el sistema de producción sin biofertilizantes.

4.6. Rendimiento por hectárea

En la figura 33 se aprecia como el tratamiento S1B2 fue el que obtuvo mayor rendimiento por hectárea con 30199 kilogramos en promedio, este rendimiento es mayor a lo obtenido en chachapoyas por Neri et al (2017) por 7.25 toneladas por hectárea. Los tratamientos S2B3 y S3B2 los que obtuvieron un rendimiento de 27703 y 26205 kilogramos en promedio respectivamente. El tratamiento S1B2 también obtuvo el mayor peso seco, el mayor peso fresco y fue el tercero en número de hojas. El tratamiento S2B3 que fue el segundo en rendimiento también fue el segundo en peso seco, peso fresco, cobertura foliar y altura. El tratamiento S3B2 que fue le tercero en rendimiento también fue el tercero en peso fresco y cobertura foliar, pero fue el primero en altura de planta.

Resalto que comparando los resultados de los biofertilizantes en los tres sistemas de producción destaca que en sistema de producción “Secano” Trichoderma viride obtuvo el mayor rendimiento, en el sistema de producción “Secano + Riego por goteo”, el Complejo de Pseudomonas es quien obtiene el mayor rendimiento y en el sistema de producción “Microtúnel” los biofertilizantes Trichoderma viride y el Complejo de Pseudomonas obtienen rendimientos similares, esto se aprecia mejor en las figuras 34, 35 y 36.

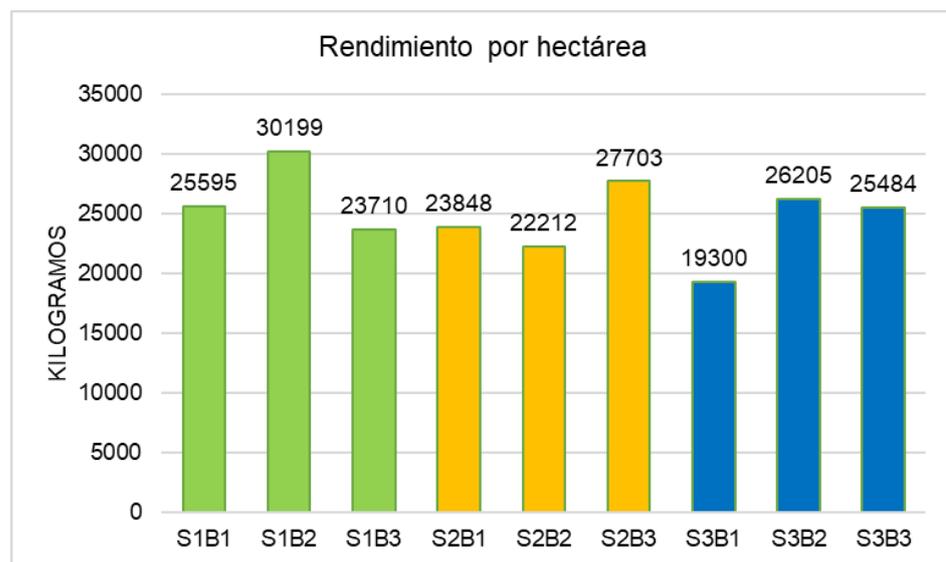


Figura 33: Rendimiento por hectárea por tratamiento en kilogramos a la cosecha.

Se realizaron las pruebas de normalidad (Shapiro-wilk) y homogeneidad (Barlett) las cuales mostraron que en los datos hay normalidad y homogeneidad como se aprecia en la tabla 10, el análisis de varianza (ANOVA) indicó que en esta evaluación no hay una diferencia estadística entre sistemas de producción, tampoco entre biofertilizantes y tampoco entre ambos factores lo que reafirma que ningún factor tuvo diferencia estadística.

Tabla 10: Prueba de Shapiro – wilk, Barlett y ANOVA de la variable Rendimiento por hectárea.

Shapiro-wilk(p-valor)	Barlett (p-valor)	ANOVA (p-valor)	
0.064	0.625	Sistema	0.764
		Biofertilizante	0.244
		Sistema: Biofertilizante	0.147

4.6.1. Rendimiento por hectárea según el biofertilizante en el sistema de producción

El sistema de producción “Secano” con *Trichoderma viride* fue el que obtuvo mayor rendimiento por hectárea con 30199 kilogramos en promedio seguido del mismo sistema sin biofertilizante y con el Complejo de *Pseudomonas*, los cuales obtuvieron 25595 y 23710 kilogramos en promedio de rendimiento como se aprecia en la figura 34.

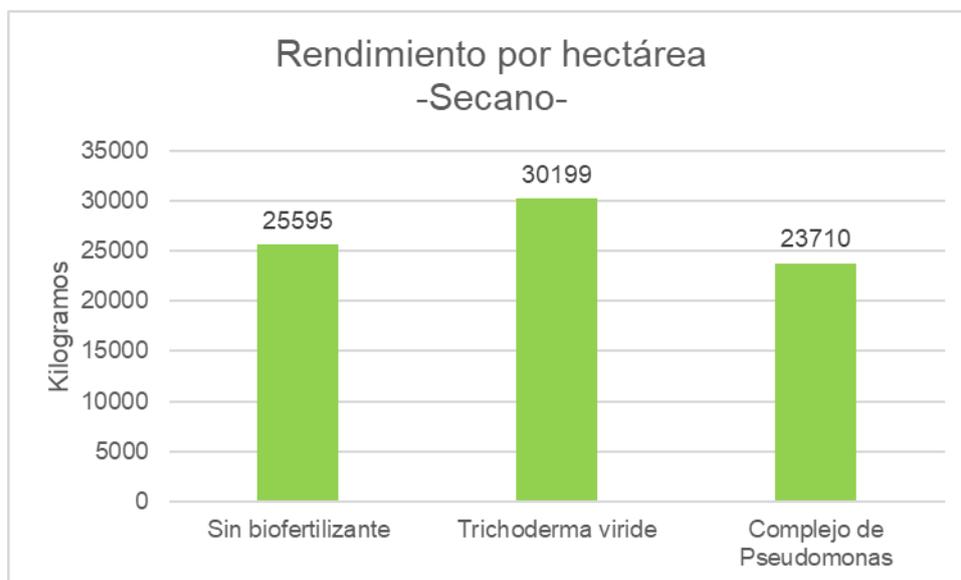


Figura 34: Rendimiento por hectárea según el biofertilizante en el sistema de producción “Secano”.

En la figura 35 se aprecia que el sistema de producción “Secano + Riego por goteo” con el Complejo de Pseudomonas obtuvo el mayor rendimiento promedio por hectárea con 27703 kilogramos seguido del mismo sistema sin biofertilizante y *Trichoderma viride* los cuales obtuvieron un rendimiento promedio de 23848 y 22212 kilogramos.

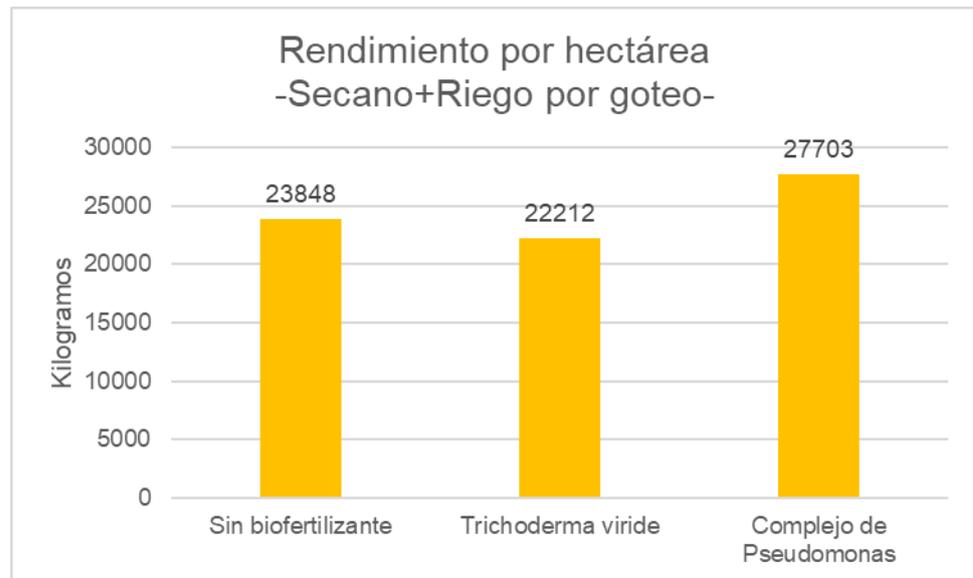


Figura 35: Rendimiento por hectárea según el biofertilizante en el sistema de producción “Secano + Riego por goteo”.

El sistema de producción “Microtúnel” con *Trichoderma viride* fue el que obtuvo mayor rendimiento por hectárea con 26205 kilogramos en promedio seguido muy de cerca del mismo sistema con el Complejo de *Pseudomonas* el cual obtuvo 26484 kilogramos por hectárea y finalmente el mismo sistema sin biofertilizantes obtuvo 19300 kilogramos de rendimiento promedio como se aprecia en la figura 36.

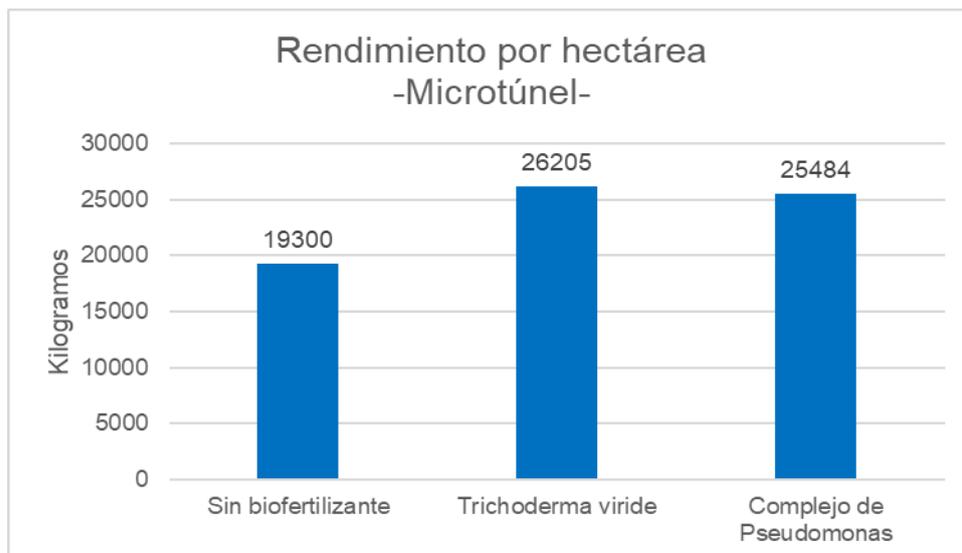


Figura 36: Rendimiento por hectárea según el biofertilizante en el sistema de producción “Microtúnel”.

4.6.2. Rendimiento por hectárea según el sistema de producción sin biofertilizantes

El sistema de producción sin la aplicación de biofertilizantes que obtuvo mayor rendimiento fue el sistema “Secano” con 25595 kilogramos en promedio seguido del sistema “Secano + Riego por goteo” y “Microtúnel” los cuales obtuvieron un rendimiento promedio de 23848 y 19300 kilogramos por hectárea como se aprecia en la figura 37.

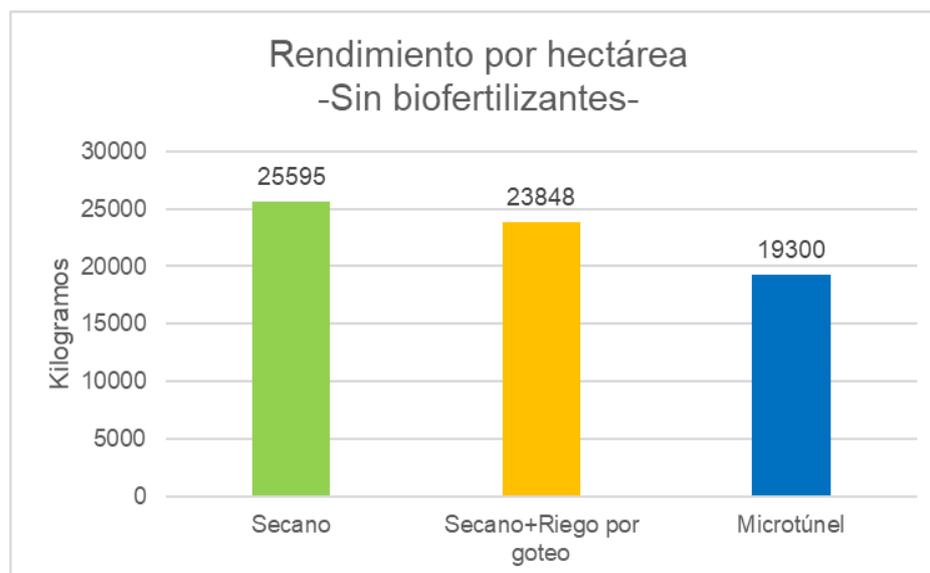


Figura 37: Rendimiento por hectárea según el sistema de producción sin biofertilizantes.

4.7. Biofertilizantes

En la figura 38 se aprecia que biofertilizante fué el que destaco según la variable y el sistema de producción por lo que podemos apreciar que *Trichoderma viride* se desarrolla mejor en el sistema de producción “Secano” mientras que el Complejo de Pseudomonas se desarrolla mejor en sistemas de producción donde hay mayor cantidad de agua en el suelo como fue el caso del sistema de producción “Secano + Riego por goteo” donde se regaba según el pronóstico, pero la lluvia llegaba a saturar el suelo.

También podemos apreciar que en el sistema de producción “microtúnel” *Trichoderma viride* se desarrolla mejor ya que en este sistema uno puede controlar cuánta agua tiene el suelo, pero también vemos que el Complejo de Pseudomonas también se adapta bien a este sistema de producción por lo que se pueden usarse ambos.

Cabe resaltar que los biofertilizantes ya sea *Trichoderma viride* y el Complejo de Pseudomonas traen otros beneficios al suelo y el cultivo como la solubilización de minerales, mejorar la salud del suelo y controlar patógenos, los cuales no se presentaron durante el cultivo.

	Sistema de producción		
	Secano	Secano + Riego por goteo	Microtúnel
Altura	Sin Biofertilizantes	Complejo de Pseudomonas	<i>Trichoderma viride</i>
Nro. de hojas	Sin Biofertilizantes	<i>Trichoderma viride</i>	<i>Trichoderma viride</i>
Cobertura foliar	<i>Trichoderma viride</i>	Complejo de Pseudomonas	<i>Pseudomonas y Trichoderma</i>
Peso fresco	<i>Trichoderma viride</i>	Complejo de Pseudomonas	<i>Trichoderma y Pseudomonas</i>
Peso seco	<i>Trichoderma viride</i>	Complejo de Pseudomonas	<i>Pseudomonas y Trichoderma</i>
Rendimiento	<i>Trichoderma viride</i>	Complejo de Pseudomonas	<i>Trichoderma y Pseudomonas</i>

Figura 38: El mejor biofertilizante según la variable y el sistema de producción.

- Docimasia de la hipótesis

En base a los resultados obtenidos se acepta la primera hipótesis nula (HI) ya que no hubo diferencias estadísticas entre los sistemas de producción, ninguna variable destacó diferenciándose estadísticamente por lo que ningún sistema de producción aumentó el rendimiento de la lechuga (*Lactuca sativa*) var. Waldman's Green en Santiago de Chuco, La Libertad durante la campaña 2023.

En base a los resultados obtenidos se acepta la segunda hipótesis nula (HII) ya que no hubo diferencias estadísticas entre los biofertilizantes, ninguna variable destacó diferenciándose estadísticamente por lo que ningún biofertilizante aumentó el rendimiento de la lechuga (*Lactuca sativa*) var. Waldman's Green en Santiago de Chuco, La Libertad durante la campaña 2023.

V. CONCLUSIONES

1. Se concluye que ningún sistema de producción y aplicación de biofertilizante aumenta significativamente la producción de lechuga (*Lactuca sativa*) por lo que se debe usar el sistema de producción más económico y la aplicación de biofertilizante ser limitada a sus otros beneficios.
2. El sistema de producción que obtuvo mayor rendimiento fue el "Secano".
3. El biofertilizante que produjo mayor rendimiento fue *Trichoderma viride*.
4. El número de días desde el trasplante hasta que las plantas alcanzaron tamaño de mercado fue de 49 días.
5. El sistema de producción "Microtúnel" más la aplicación de *Trichoderma viride* obtuvo la mayor altura promedio de planta.
6. El sistema de producción "Microtúnel" con la aplicación del Complejo de *Pseudomonas* obtuvo la mayor área de cobertura foliar.

VI. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar un experimento similar (sin el sistema de producción "Secano") durante la época seca (Junio - Noviembre) para determinar el rendimiento de las lechugas.
2. Se recomienda probar otras dosis de los mismos biofertilizantes.
3. Se recomienda experimentar con otros biofertilizantes.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Álvarez-García, J.-A., Santoyo, G., & Rocha-Granados, M. del C. (2020). *Pseudomonas fluorescens*: Mecanismos y aplicaciones en la agricultura sustentable. *Revista Latinoamericana De Recursos Naturales*, 16(1), 01-10. Recuperado a partir de <https://revista.itson.edu.mx/index.php/rlrn/article/view/286>
2. Brian, P., McGowan, J. Viridin: una sustancia altamente fungistática producida por *Trichoderma viride*. *Naturaleza* 156, 144–145 (1945). <https://doi.org/10.1038/156144a0>
3. Encuesta Nacional de Presupuestos Familiares (ENAPREF) 2009 - [Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI] | Plataforma Nacional de Datos Abiertos. (2021). [Datosabiertos.gob.pe](https://www.datosabiertos.gob.pe).
<https://www.datosabiertos.gob.pe/dataset/encuesta-nacional-de-presupuestos-familiares-enapref-2009-instituto-nacional-de-estadística>
4. Emerald Seed, Inc. (2020). [Emeraldseed.com](https://www.emeraldseed.com).
<https://www.emeraldseed.com/component/content/article/14-emerald-seed/emerald-star-varieties/73-leaf-lettuce-em-green-leaf-550?Itemid=147>
5. Girón-Carrillo, C. E., Martínez-Olmedo, C. E. F., Monterroza-Domínguez, M. P., Aguirre-Castro, C. A., Hernández-Juárez, M. D. J., & Lara-Ascencio, F. (2018). Influencia de la aplicación de bocashi y lombriabono en el rendimiento de calabacín (*Cucurbita pepo* L.), espinaca (*Spinacia oleracea* L.), lechuga (*Lactuca sativa* L.) y remolacha (*Beta vulgaris* L.), bajo el método de cultivo biointensivo, San Ignacio, Chal. *Revista Agrociencia*, 1(03), 28-40.
6. Goites, E. (2008). *Manual de cultivos para la Huerta Orgánica Familiar* (2ª ed.). https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-manual_de_cultivos_para_la_huerta_organica_familiar_-.pdf
7. José-Alonso Álvarez-García, Santoyo, G., & Ma. (2020). *Pseudomonas fluorescens*: Mecanismos y aplicaciones en la agricultura sustentable. *Revista Latinoamericana de Recursos*

- Naturales, 16(1), 01-10.
<https://revista.itson.edu.mx/index.php/rlrn/article/view/286>
8. Juárez, P., Bugarin, R., Castro, R., Sanchez, A., Cruz, E., Juárez, C., Alejo, G., & Balois, R. (2011). ESTRUCTURAS UTILIZADAS EN LA AGRICULTURA PROTEGIDA. Dspace.uan.mx. ISSN 2007-0713. <http://dspace.uan.mx:8080/jspui/handle/123456789/567>
 9. Kim, M. J., Moon, Y., Tou, J. C., Mou, B., & Waterland, N. L. (2016). Nutritional value, bioactive compounds and health benefits of lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Journal of Food Composition and Analysis*, 49, 19–34. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2016.03.004>
 10. Lacarra García, A.R. y García Sandoval, C. (2011). Validación de Cinco Sistemas Hidropónicos para la Producción de Jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mili.) y Lechuga (*Lactuca sativa* L.) en Invernadero. Tesis Ing. Agr. Xalapa, MX, UV. 51 p.
 11. Lieckfeldt, E., Samuels, G. J., Nirenberg, H. I., & Petrini, O. (1999). A morphological and molecular perspective of *Trichoderma viride*: is it one or two species?. *Applied and Environmental Microbiology*, 65(6), 2418-2428. <https://doi.org/10.1128/AEM.65.6.2418-2428.1999>
 12. Martínez, B., Infante, D., & Reyes, Y. (2013). *Trichoderma* spp. y su función en el control de plagas en los cultivos. *Revista de Protección Vegetal*, 28(1), 1–11. ISSN 1010-2752. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s1010-27522013000100001
 13. Miserendino, E. (2011). MANUAL PARA LA CONSTRUCCIÓN DE MICROTÚNELES. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. INTA CHILE. https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/25834/mod_resource/content/1/script-tmp-inta_microtuneles_eduardo_miserendino.pdf
 14. Neri Chávez, J. C., Collazos Silva, R., Huamán Huamán, E., & Oliva Cruz, M. (2017). Aplicación de abonos orgánicos y biofertilizante en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.), distrito

- de Chachapoyas. *Revista de Investigación de Agroproducción Sustentable*, 1(1), 38-46.
15. Pinna, J. (1ª ed). (2017). Curso de riego tecnificado. Trujillo, Perú: Fondo Editorial de la Universidad Privada Antenor Orrego
 16. Rincón Sánchez, L.F. (2008). La Fertirrigación de la Lechuga~ España, Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentación (IMIDA), Ediciones Mundi - Prensa. 183 p.
 17. Saavedra, G., Corradini, F., Antúnez, A. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (Chile). 2017. Manual de producción de lechuga Boletín INIA N°374. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (Chile). <https://bibliotecadigital.ciren.cl/handle/20.500.13082/29500>
 18. Santos, B. M., Obregón-Olivas, H. A., & Salamé-Donoso, T. P. (2010). Producción de hortalizas en ambientes protegidos: estructuras para la agricultura protegida. Departamento de Ciencias Hortícolas, Universidad de la Florida. https://horticulture.ucdavis.edu/sites/g/files/dgvnsk1816/files/extension_material_files/Santos_manual_produccion_de_hortalizas_en_ambientes_protegidas.pdf
 19. Santoyo, G., Orozco-Mosqueda, MDC, & Govindappa, M. (2012). Mecanismos de biocontrol y actividad promotora del crecimiento vegetal en especies bacterianas del suelo de *Bacillus* y *Pseudomonas*: una revisión. *Ciencia y Tecnología de Biocontrol*. <https://doi.org/10.1080/09583157.2012.694413>
 20. Sánchez, J. R. (2019). Cultivo semi-forzado de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en el Alto Valle de Río Negro y Neuquén. Universidad Nacional del Litoral. (Doctoral dissertation). <https://hdl.handle.net/11185/5458>
 21. Siddiqui, I. A., & Shaukat, S. S. (2003). Suppression of root-knot disease by *Pseudomonas fluorescens* CHA0 in tomato: importance of bacterial secondary metabolite, 2, 4-diacetylphloroglucinol. *Soil Biology and Biochemistry*, 35(12), 1615-1623.

22. Terry Alfonso, E., Ruiz Padrón, J., Tejeda Peraza, T., Reynaldo Escobar, I., & Díaz de Armas, M. M. (2011). Respuesta del cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa* L.) a la aplicación de diferentes productos bioactivos. *Cultivos tropicales*, 32(1), 28-37.
23. Trujillo, S. (2020). Efecto de Microorganismos Benéficos como promotores de crecimiento y rendimiento en el cultivo de Lechuga (*Lactuca sativa* L.), en el Valle de Huaral 2016. (Ingeniero Agrónomo). Universidad San Pedro. <http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/15308>
24. Vargas, P. D., Cerrato, R. F., Suárez, J. A., & González, G. A. (2001). Inoculación de bacterias promotoras de crecimiento en lechuga. *Terra Latinoamericana*, 19(4), 327-335.
25. Vinale, F., Sivasithamparam, K., Ghisalberti, E. L., Marra, R., Woo, S. L., & Lorito, M. (2008). Trichoderma–plant–pathogen interactions. *Soil Biology and Biochemistry*, 40(1), 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2007.07.002>
26. Volke, D., Calero, P., & Nickel, P. (2020). *Pseudomonas putida*. *Trends in Microbiology*, 28(16), 512–513. <https://doi.org/10.1016/j.tim.2020.02.015>
27. Weather Spark. (2024). El clima en Santiago de Chuco, el tiempo por mes, temperatura promedio (Perú) - Weather Spark. Weatherspark.com. <https://es.weatherspark.com/y/19909/Clima-promedio-en-Santiago-de-Chuco-Per%C3%BA-durante-todo-el-a%C3%B1o>
28. Yossen, V., Gil, V., Díaz, M. P., & Olmos, C. (2003). Material compostado y *Trichoderma harzianum* como supresores de *Rhizoctonia solani* y promotores del crecimiento de la lechuga. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica)*. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/6561>

VIII. ANEXOS

8.1. Anexo 1: Análisis de caracterización de suelos. De este informe de laboratorio solo la muestra N° 01 corresponde al área donde se desarrolló el experimento.

AGROLAB

*Los análisis de suelos son la base de una buena fertilización,
y de una alta producción*



Remitente : Eduardo Benavente Rojas
Lugar : Campo Tanguay, Santiago de Chuco
Fecha de Recepción: 19/ Septiembre / 2022
Fecha de Análisis : 22/ Septiembre / 2022

ANÁLISIS DE FERTILIDAD DEL SUELO

MUESTRA N°	LOTE N°	M.O. %	P ppm	K ppm	pH 1:2	% SATURAC.	CE _{ES} mS/cm (Estimado)	CaCO ₃ %
1	1	1.22	15.28	184.44	6.57	41.0	0.363	2.20
2	2	1.71	10.44	101.48	6.53	41.0	0.347	1.90
3	3	1.45	15.47	333.77	6.37	41.0	0.366	1.00

ANÁLISIS TEXTURAL y CAPACIDAD TOTAL DE CAMBIO

MUESTRA N°	LOTE N°	PORCENTAJE DE PARTICULAS			TEXTURA (U.S.D.A.)
		ARENA	LIMO	ARCILLA	
1	1	46.50	28.50	25.00	Franca
2	2	46.50	32.30	21.20	Franca
3	3	46.50	33.50	20.00	Franca



Ing. M. Sc. Sergio Valdivia Vega
EXPERTO EN SUELOS

8.2. Anexo 2: Fichas Técnicas de los biofertilizantes



OSQAY

GENERALIDADES

I. Nombre comercial	:	OSQAY	
II. Composición	:	Ingrediente activo	50% (5×10^{12} conidias viables/200g)
		Inertes	50%
III. Clase de Uso	:	Promotor de crecimiento	
IV. Formulación	:	Polvo mojable (WP)	

DESCRIPCIÓN

OSQAY es un producto de acción específica a base de una cepa de *Trichoderma* sp.

Trichoderma sp. tiene un reconocido efecto como promotor de crecimiento radicular y foliar en maíz, alfalfa, palta, y solanáceas en general (como ajíes, tomate y pimientos); aumentando el rendimiento. Los metabolitos generados por *Trichoderma* sp. ayudan a la absorción de nutrientes como hierro, cobre, manganeso y zinc. Y, por lo tanto, reduce los requerimientos de fertilizantes sintéticos.

CULTIVOS RECOMENDADOS

Cultivo	Dosis
Palta, Mango, Banano, Arándano, Café, Cacao	100 a 200 gr/Ha

No deberá mezclarse con fungicidas, productos que contengan cobre, de pH alcalino o que alteren el correcto funcionamiento del producto.

FABRICANTE | FORMULADOR



Trujillo, La Libertad - Perú

gestioncomercialsolagro.com.pe

MODO DE USO

1. Medir 1 L de agua.
2. Verter la mitad del líquido en la botella.
3. Tapar y agitar.
4. Vaciar el contenido al tanque o cilindro de aplicación.
5. Enjuagar con los 500 mL restantes.
6. Agite la mezcla final con cierta frecuencia.

BACNIPHOS

BIOFERTILIZANTE EN CONSORCIO MICROBIANO PARA COADYUVAR LOS PROGRAMAS DE FERTILIZACIÓN Y NUTRICIÓN RADICULAR

BACNIPHOS es un formulado biotecnológico obtenido mediante un proceso fermentativo FPB® (Fermentation Polyphasic Biotechnology) que contiene en su formulación la novedosa tecnología MAMPs Enhancer Technology®, elicitores moleculares metabólicos que actúan como moléculas de señal en la comunicación "planta-microorganismo".

BACNIPHOS es un biofertilizante promotor del crecimiento vegetal formulado a base de microorganismos y sus metabolitos naturales que incrementan la disponibilidad del fósforo, garantizando mejoras en el desarrollo radicular, vegetativo y en el rendimiento final del cultivo.

BACNIPHOS actúa como solubilizador de fósforo. Sus bacterias son capaces de crecer en medios con fosfato tricálcico, apatita o materiales insolubles similares como única fuente de fosfato. Asimismo no sólo asimilan el elemento sino que solubilizan una gran proporción del mismo, liberándolo en cantidades superiores a sus demandas nutricionales.



COMPOSICIÓN

Pseudomonas putida cepa AMCB38 : $\geq 10^8$ ufc/ml

Pseudomonas fluorescens cepa AMCB54 : $\geq 10^8$ ufc/ml

BACNIPHOS está libre de agroquímicos que puedan afectar su calidad como producto orgánico y/o ecológico.

Certificado por:



- ☑ Mejora la germinación y la implantación del cultivo.
- ☑ Aumenta el desarrollo de raíces, mejorando la captación de agua y nutrientes.
- ☑ Alta producción de fitohormonas naturales que actúan como factores de crecimiento del cultivo.



Producción



Biodegradable



Calidad



Crecimiento



8.3. Anexo 3: Evidencias de la ejecución del proyecto (Fotos)



Almácigos de lechuga



Aplicación de repelente



Camas de cultivo preparadas



Mezcla física de fertilizantes



Aplicación de fertilización edáfica



Instalación de microtúnel



Plantín de lechuga

Transplante a 30 cm entre líneas



Pesaje de producto biológico "Osqay" de laboratorio SOLAGRO.



Medición de producto biológico "Bacniphos" de laboratorio NOVALTY



Aplicación de biofertilizantes en forma de drench

Forma de evaluación de cobertura foliar



Evolución de las plantas de lechuga







Aplicación de repelentes e insecticidas orgánicos.



Pesado de plantas en campo



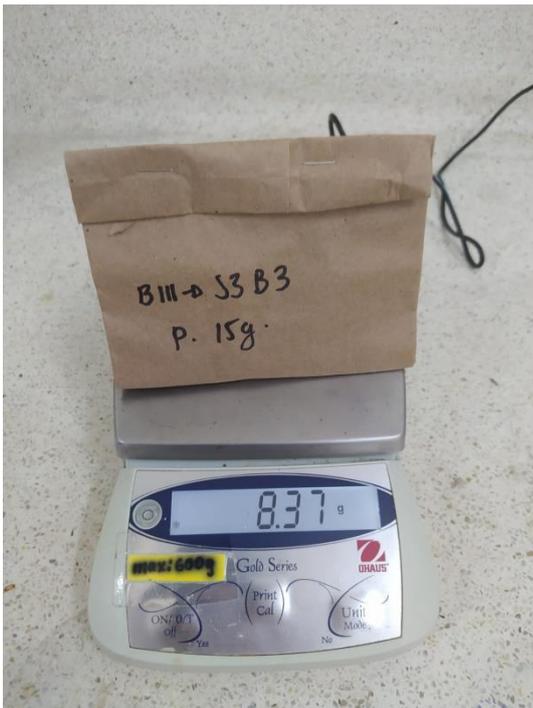
Embolsado de muestras



Muestras antes de ingresar a la estufa



Muestras calientes enfriando



Pesaje de muestras secas

Cosecha

