



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES**  
**CARRERA AGRONOMÍA**

**EVALUACIÓN DE TRES BIOFORMULADOS EN COMBINACIÓN  
CON FERTILIZACIÓN QUÍMICA EN EL DESARROLLO DE  
LECHUGA (*Lactuca sativa* L.) VAR. CRESPA**

**Trabajo de Integración Curricular**

**Tipo:** Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**AUTOR:**

**MOGRO MARCATOMA ESTEBAN JAVIER**

Riobamba – Ecuador

2024



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES**  
**CARRERA AGRONOMÍA**

**EVALUACIÓN DE TRES BIOFORMULADOS EN COMBINACIÓN  
CON FERTILIZACIÓN QUÍMICA EN EL DESARROLLO DE  
LECHUGA (*Lactuca sativa* L.) VAR. CRESPA**

**Trabajo de Integración Curricular**

**Tipo:** Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**AUTOR:** MOGRO MARCATOMA ESTEBAN JAVIER

**DIRECTORA:** ING. NORMA SOLEDAD ERAZO SANDOVAL

Riobamba – Ecuador

2024

© 2024, Esteban Javier Mogro Marcatoma

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Esteban Javier Mogro Marcatoma, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados de este son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor/autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 17 de mayo de 2024



**Esteban Javier Mogro Marcatoma**  
**172542663-7**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES**  
**CARRERA AGRONOMÍA**

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; tipo: Proyecto de Investigación titulado: **EVALUACIÓN DE TRES BIOFORMULADOS EN COMBINACIÓN CON FERTILIZACIÓN QUÍMICA EN EL DESARROLLO DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L.) VAR. CRESPA**, realizado por el señor: **ESTEBAN JAVIER MOGRO MARCATOMA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación

**FIRMA**

**FECHA**

Ing. Rosa del Pilar Castro Gómez PhD  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

202  
2024-05-17

Ing. Norma Soledad Erazo Sandoval PhD  
**DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

202  
2024-05-17

Ing. Pablo Israel Álvarez Romero PhD  
**ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

202  
2024-05-17

## **DEDICATORIA**

Dedico mi tesis primeramente a Dios, por darme la fuerza y sabiduría para culminar con esta meta. A mis padres por ser el pilar fundamental de vida. También a mis hermanas, por su cariño por estar siempre a mi lado y por creer en mí incluso en los momentos más difíciles. A todos aquellos que, de alguna manera, contribuyeron a que este proyecto se hiciera realidad. Su apoyo, consejo y colaboración han sido invaluableles.

Javier

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por permitirme culminar este proyecto de vida y brindarme refugio en momentos difíciles.

Gracias a mi familia en especial a mis padres Byron y Lourdes, por su amor incondicional, su apoyo constante y su fe en mí, sin su sacrificio y motivación, este logro no habría sido posible. A mis hermanas Katerin y Tatiana, por su paciencia y comprensión y por ser fuente constante de ánimo y alegría.

Agradezco a los docentes de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por brindarme las herramientas y el entorno adecuado para desarrollar mis habilidades y conocimiento a lo largo de mi preparación en esta profesión.

Javier

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	1

### CAPÍTULO I

1.	<b>PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....</b>	2
1.1	<b>Planteamiento del problema.....</b>	2
1.2	<b>Objetivos.....</b>	2
1.2.1	<i>General.....</i>	2
1.2.2	<i>Específicos.....</i>	2
1.3	<b>Justificación.....</b>	2
1.4	<b>Hipótesis.....</b>	3
1.4.1	<i>Hipótesis nula-Ho.....</i>	3
1.4.2	<i>Hipótesis alternativa.....</i>	3

### CAPÍTULO II

2.	<b>MARCO TEÓRICO.....</b>	4
2.1	<b>Bioformulados.....</b>	4
2.1.1	<i>Definición y características.....</i>	4
2.1.2	<i>Tipo de formulaciones.....</i>	4
2.2	<b>Fertilizante.....</b>	5
2.2.1	<i>Definición.....</i>	5
2.2.2	<i>Ventajas de uso.....</i>	5
2.2.3	<i>Clasificación de los fertilizantes.....</i>	6
2.2.4	<i>Composición de los fertilizantes.....</i>	6
2.3	<b>Biofertilización y promoción de crecimiento.....</b>	7
2.3.1	<i>Trichoderma harzianum.....</i>	7
2.3.2	<i>Bacillus subtilis.....</i>	8

2.4	Interacciones planta – microorganismos .....	9
2.4.1	<i>Interacciones benéficas entre plantas y microorganismo</i> .....	9
2.4.2	<i>Mecanismos de acción de los microorganismos en la promoción del crecimiento vegetal</i> .....	10
2.5	Cultivo de lechuga .....	11
2.5.1	<i>Origen y distribución geográfica</i> .....	11
2.5.2	<i>Importancia del cultivo</i> .....	11
2.5.3	<i>Taxonomía y morfología</i> .....	11
2.5.4	<i>Etapas fenológicas</i> .....	12
2.5.5	<i>Variedades</i> .....	12
2.5.6	<i>Características edafoclimáticas</i> .....	13
2.5.7	<i>Manejo del cultivo</i> .....	13
2.5.8	<i>Principales plagas y enfermedades</i> .....	15
2.5.9	<i>Cosecha</i> .....	16

### CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO .....	17
3.1	Localización .....	17
3.2	Ubicación Geográfica .....	17
3.3	Condiciones climáticas dentro del invernadero .....	17
3.4	Materiales y Equipos .....	17
3.4.1	<i>Materiales del Laboratorio</i> .....	17
3.4.2	<i>Metodología</i> .....	18

### CAPÍTULO IV

4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	22
4.1	Porcentaje de prendimiento .....	22
4.2	Altura de la planta a los 15, 30 y 45 días ddt .....	22
4.3	Número de hojas a los 15, 30 y 45 días ddt .....	26
4.4	Peso fresco y seco de la planta de lechuga .....	28
4.4.1	<i>Peso fresco y seco de la raíz a los 45 ddt</i> .....	28
4.4.2	<i>Peso fresco y seco del follaje a los 45 ddt</i> .....	30
4.5	Días a la cosecha .....	33
4.6	Relación beneficio/costo .....	35

<b>4.7</b>	<b>Discusiones .....</b>	<b>36</b>
	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>40</b>
	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>41</b>
	<b>GLOSARIO</b>	
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
	<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 2-1:</b>	Composición química de los fertilizantes.....	6
<b>Tabla 2-2:</b>	Descripción taxonómica de <i>T. harzianum</i> .....	7
<b>Tabla 2-3:</b>	Descripción taxonómica de <i>B. subtilis</i> .....	9
<b>Tabla 2-4:</b>	Descripción taxonómica de la lechuga.....	11
<b>Tabla 2-5:</b>	Extracción de nutrientes del cultivo de lechuga .....	14
<b>Tabla 3-1:</b>	Delineamientos aplicados en el ensayo .....	19
<b>Tabla 3-2:</b>	Código de los tratamientos aplicados en el ensayo .....	19
<b>Tabla 3-3:</b>	Esquema del análisis de varianza (ADEVA).....	20
<b>Tabla 3-4:</b>	Interpretación de la relación beneficio/costo.....	20
<b>Tabla 4-1:</b>	ANOVA para el porcentaje de prendimiento a los 8 días ddt .....	22
<b>Tabla 4-2:</b>	ANOVA para la variable altura para los 15, 30 y 45 días ddt.....	22
<b>Tabla 4-3:</b>	ANOVA para las variables peso fresco y seco de la raíz.....	28
<b>Tabla 4-4:</b>	ANOVA para las variables peso fresco y seco del follaje.....	30
<b>Tabla 4-5:</b>	ANOVA para la variable días a la cosecha .....	33
<b>Tabla 4-6:</b>	Relación beneficio/costo en la producción de lechuga del ensayo.....	35

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 4-1:</b>	Altura de la planta a los 15, 30 y 45 días ddt con los bioproductos aplicados. .....	xii
<b>Ilustración 4-2:</b>	Altura de la planta a los 15, 30 y 45 días ddt con las dosis de fertilizante aplicados.....	24
<b>Ilustración 4-3:</b>	Altura de la planta a los 30 días (bioproducto*dosis de fertilizante) .....	25
<b>Ilustración 4-4:</b>	Altura de la planta a los 15 días (bioproducto*dosis de fertilizante) .....	25
<b>Ilustración 4-5:</b>	Altura de la planta a los 45 días (bioproducto*dosis de fertilizante) .....	25
<b>Ilustración 4-6:</b>	Número de hojas a los 15, 30 y 45 días con los bioproductos aplicados.....	27
<b>Ilustración 4-7:</b>	Número de hojas a los 15, 30 y 45 días con las dosis de fertilizante aplicados .....	27
<b>Ilustración 4-8:</b>	Peso fresco y seco de la raíz con los bioproductos aplicados.....	29
<b>Ilustración 4-9:</b>	Peso fresco y seco de la raíz con las dosis de fertilizante aplicados .....	29
<b>Ilustración 4-10:</b>	Peso seco de la raíz (interacción de factores).....	30
<b>Ilustración 4-11:</b>	Peso fresco y seco del follaje con los bioproductos aplicados .....	31
<b>Ilustración 4-12:</b>	Peso fresco y seco del follaje con las dosis de fertilizante aplicados .....	32
<b>Ilustración 4-13:</b>	Peso fresco del follaje (interacción de factores).....	32
<b>Ilustración 4-14:</b>	Días a la cosecha de las plantas con los bioproductos aplicados .....	34
<b>Ilustración 4-15:</b>	Días a la cosecha de las plantas con dosis de fertilizante aplicados.....	34
<b>Ilustración 4-16:</b>	Relación beneficio/costo .....	36

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>ANEXO A:</b>	COSTO DE PRODUCCIÓN PARA EL TRATAMIENTO ThDs1
<b>ANEXO B:</b>	COSTO DE PRODUCCIÓN PARA EL TRATAMIENTO ThDs2
<b>ANEXO C:</b>	COSTO DE PRODUCCIÓN PARA EL TRATAMIENTO ThDs3
<b>ANEXO D:</b>	COSTO DE PRODUCCIÓN PARA EL TRATAMIENTO ThDs4
<b>ANEXO E:</b>	COSTO DE PRODUCCIÓN PARA EL TRATAMIENTO ThDs5
<b>ANEXO F:</b>	COSTO DE PRODUCCIÓN PARA EL TRATAMIENTO BsDs1
<b>ANEXO G:</b>	COSTO DE PRODUCCIÓN PARA EL TRATAMIENTO BsDs2
<b>ANEXO H:</b>	COSTO DE PRODUCCIÓN PARA EL TRATAMIENTO BsDs3
<b>ANEXO I:</b>	COSTO DE PRODUCCIÓN PARA EL TRATAMIENTO BsDs4
<b>ANEXO J:</b>	COSTO DE PRODUCCIÓN PARA EL TRATAMIENTO BsDs5
<b>ANEXO K:</b>	COSTO DE PRODUCCIÓN PARA EL TRATAMIENTO ThBsDs1
<b>ANEXO L:</b>	COSTO DE PRODUCCIÓN PARA EL TRATAMIENTO ThBsDs2
<b>ANEXO M:</b>	COSTO DE PRODUCCIÓN PARA EL TRATAMIENTO ThBsDs3
<b>ANEXO N:</b>	COSTO DE PRODUCCIÓN PARA EL TRATAMIENTO ThBsDs4
<b>ANEXO O:</b>	COSTO DE PRODUCCIÓN PARA EL TRATAMIENTO ThBsDs5
<b>ANEXO P:</b>	IMÁGENES DEL ENSAYO

## RESUMEN

El objetivo fue evaluar el efecto de tres bioformulados líquidos en combinación con fertilizante químico en el desarrollo de lechuga (*Lactuca sativa L.*) var. Crespa. La investigación se llevó a cabo en la provincia de Chimborazo, Cantón Riobamba, parroquia Lizarzaburu, tuvo una duración de 45 días, siendo dos los factores en estudio: bioproductos (*T. harzianum*, *B. subtilis* y *T. harzianum* + *B. subtilis*) y dosis de fertilizante (0%, 25%, 50%, 75% y 100%); el diseño fue bloques completos al azar (BCA) con arreglo factorial (3x5) con 15 tratamientos y 3 repeticiones, la aplicación de los tratamientos se realizó desde el día 15 al 45 después del trasplante. Los mejores resultados se obtuvieron con la combinación de *T. harzianum* + *B. subtilis* con una dosis de fertilizante del 75% obteniendo una altura de 19,15cm, un número de hojas promedio de 18,35 hojas/planta, un peso fresco y seco de la raíz de 36,42 y 7,37 g respectivamente, y en peso de follaje fresco y seco de 201,67 y 53,96 g respectivamente. La mejor relación beneficio-costo fue de la misma combinación con USD de 0,67 y una rentabilidad del 67,22%. Se concluye que el tratamiento que obtuvo mayores beneficios fue *T. harzianum* + *B. subtilis* con una dosis de fertilizante del 75%. Tomando en cuenta los promedios de altura, número de hojas, peso fresco y seco de la raíz y el follaje y la relación beneficio-costo podemos concluir que este es el mejor tratamiento para el desarrollo de lechuga.

**Palabras clave:** <HONGO (*Trichoderma harzianum*) >, <BACTERIA (*Bacillus subtilis*) >, <FERTILIZANTE >, <BIOFORMULADO >, <LECHUGA (*Lactuca sativa L.*)>.

0507-DBRA-UPT-2024



## ABSTRACT

This investigation aimed to evaluate the effect of three liquid bioformulates combining them with a chemical fertilizer on the development of lettuce (*Lactuca sativa L.*) var. Crespa. It was carried out in *Chimborazo* province, *Riobamba* canton, *Lizarzaburu* parish, during 45 days, with two factors under study: bioproducts (T. harzianum, B. subtilis and T. harzianum + B. subtilis) and fertilizer dose (0%, 25%, 50%, 75% and 100%); the design was randomized complete block (RCB) with factorial arrangement (3x5) with 15 treatments and 3 replications, the application of the treatments was carried out from day 15 to 45 after transplanting. The best results were by combining T. harzianum + B. subtilis with a fertilizer dose of 75%. The lettuce reached a height of 19.15 cm, an average number of leaves of 18.35 leaves/plant, a fresh and dry weight of the root of 36.42 and 7.37 g respectively, and in fresh and dry weight of foliage of 201.67 and 53.96 g respectively. The best benefit-cost ratio was of the same combination with USD 0.67 and a profitability of 67.22%. It is concluded that the most profitable treatment was T. harzianum + B. subtilis with a fertilizer dose of 75%. Considering the averages of height, number of leaves, fresh and dry weight of root and foliage and the benefit-cost ratio, it is concluded that this is the best treatment for lettuce development.

**Keywords:** <FUNGI (*Trichoderma harzianum*) >, <BACTERIA (*Bacillus subtilis*) >, <FERTILIZER >, <BIOFORMULATE >, <LETTUCE (*Lactuca sativa L.*)>.



Esthela Isabel Colcha Guashpa

060302067-8

## **INTRODUCCIÓN**

En Ecuador, la lechuga se cultiva en un área de 1145 has, el promedio de rendimiento por hectárea es de 7 928 kg, de esta área cultivada el 70% es de lechuga criolla, mientras que el 30% restante es de variedades híbridas como la lechuga roja, romana y salad. La provincia líder en la producción de lechuga es Cotopaxi con 481 has, seguida de Tungurahua con 325 has y Carchi con 96 has. (Salinas, 2013, pág. 4)

Para aumentar la producción de lechuga se han explorado alternativas con el objetivo de mejorar la agricultura de manera sostenible mediante el uso de biofertilizantes, incluyendo diversos elementos como: microorganismos simbióticos con las plantas que contribuyan al aumento de la producción, además se debe considerar el uso de abonos verdes, estiércoles y extractos de plantas para su nutrición.

Según (Hernández et al., 2019, pág. 100) existe una explotación excesiva de los recursos naturales para satisfacer la creciente demanda de alimentos, práctica que conduce a una agricultura ineficiente y contaminante. Esta forma de agricultura tiene efectos negativos, como la pérdida de la biodiversidad, la disminución de los recursos naturales, la erosión del suelo y cambios climáticos. Por lo tanto, es necesario encontrar métodos de producción adecuados y centrarse en mantener la sostenibilidad de los sistemas agrícolas, lo que implica una explotación racional de los recursos naturales y la implementación de medidas para preservar el medio ambiente.

# CAPÍTULO I

## 1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1 Planteamiento del problema

Existe escasa información sobre el uso de bioformulados líquidos en combinación con fertilizantes debido a que en la actualidad se hace uso de los métodos convencionales en el cultivo de lechuga lo que implica el uso intensivo de agroquímicos.

### 1.2 Objetivos

#### 1.2.1 General

- Evaluar el efecto de tres bioformulados líquidos en combinación con fertilizante químico en el desarrollo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) var. Crespa

#### 1.2.2 Específicos

- Evaluar el desarrollo de plantas de lechuga (*Lactuca sativa* L.) var. Crespa sometidas a diferentes tratamientos.
- Determinar el tratamiento más eficaz para el desarrollo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) var. Crespa
- Realizar un análisis económico de los tratamientos en estudio para lechuga

### 1.3 Justificación

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo principal la aplicación de prácticas agrícolas sostenibles, para ello, se busca identificar y evaluar productos que puedan promover el desarrollo del cultivo de lechuga utilizando bioformulados líquidos combinados con fertilizantes químicos para mejorar la calidad y rendimiento del cultivo, esta combinación puede reducir la aplicación de productos químicos en la agricultura que pueden tener consecuencias negativas en el medio ambiente y en la salud humana, por lo tanto, con la aplicación de bioformulados líquidos se puede aprovechar la acción benéfica de los microorganismos interactuando con el suelo y las raíces de las plantas de lechuga de manera simbiótica, mejorando la absorción de agua y promoviendo la disponibilidad y solubilidad de

los nutrientes presentes en los fertilizantes, disminuyendo la cantidad de fertilizante que puede requerir el cultivo convirtiéndose en una ventaja para los agricultores obteniendo una mejor producción y reduciendo los costos de producción generando también una reducción al impacto ambiental del uso excesivo de productos químicos.

## **1.4 Hipótesis**

### ***1.4.1 Hipótesis nula-Ho***

- Ninguno de los bioformulados solos o en combinación con el fertilizante incide en el desarrollo de la lechuga.

### ***1.4.2 Hipótesis alternativa***

- Al menos uno de los bioformulados solos o en combinación con el fertilizante inciden en el desarrollo de la lechuga.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Bioformulados

##### 2.1.1 *Definición y características*

Según (Báez et al., 2019 pág. 6) los bioformulados son una combinación de excipientes aplicados para asegurar la estabilidad del agente de biocontrol, conocido como componente activo que pueden ser hongos, bacterias, levaduras, virus o nemátodos, protegiéndolos de las condiciones ambientales, además, este proceso prolonga su viabilidad y promueve su desarrollo una vez aplicados en el suelo.

Los bioformulados no son considerados fertilizantes por su bajo aporte nutricional, debido a que cuando se aportan cantidades pequeñas promueven el crecimiento de las plantas, sin embargo, desde un punto de vista comercial, estos se clasifican como fertilizantes. (Adoko et al., 2021 pág. 6).

##### 2.1.2 *Tipo de formulaciones*

Las formulaciones microbianas pueden realizarse en una variedad de formas, sin embargo, las de mayor carácter comercial tienen pocas variaciones, existen: formulaciones sólidas (granulados o polvos) y formulaciones líquidas (emulsiones). (Berenjano y Puopolo, 2020, pág. 283).

##### 2.1.2.1 *Formulaciones sólidas*

- Polvos de Aplicación Directa: Usan ingredientes inertes absorbentes como talcos de silicato y minerales de sílice para diluir.
- Polvos Mojables: Son elaborados con excipientes para estabilizar los conidios durante el almacenamiento y se disuelven fácilmente en agua para aspersión
- Granulados: Formulados con ingredientes inertes estabilizantes, humectantes y antiaglomerantes, con portadores diluyentes inertes u orgánicos, esos pueden ser cubiertos o dispersables. (Báez et al., 2019 pág. 6).

### 2.1.2.2 *Formulación Líquida*

- Emulsiones: Se obtienen de la mezcla de dos o más líquidos inmiscibles y un emulsionante, también existe una mezcla que consta de la mezcla de una emulsión y una suspensión llamado suspoemulsiones, la concentración de microorganismos en la preparación oscila entre el 10% y 40%. (Berenjano y Puopolo, 2020, pág. 286).

## 2.2 **Fertilizante**

### 2.2.1 *Definición*

Un fertilizante agrícola es una combinación química de diversos minerales y elementos esenciales, destinados a promover el crecimiento y la nutrición de las plantas. Son utilizados de manera regular para aumentar y mejorar la productividad de los cultivos. Dichos fertilizantes, ya sean orgánicos o inorgánicos, se añaden al suelo con el propósito de estimular el crecimiento de las plantas. (Goutam, 2016, pág. 55).

Según (Navarro y Navarro, 2023 pág. 47) mencionan que la necesidad de complementar el suelo con fertilizante surge debido a la falta de nutrientes o su agotamiento con el tiempo.

### 2.2.2 *Ventajas de uso*

Los fertilizantes orgánicos e inorgánicos desempeñan un papel importante en la nutrición de las plantas fomentando su crecimiento y desarrollo, aumentando el rendimiento y la calidad de producción de productos agrícolas.

La ventaja principal de los fertilizantes químicos es su alta eficiencia, gracias a su solubilidad están disponibles más fácilmente para las plantas, sin embargo, los nutrientes pueden perderse por lixiviación o erosión. Por otra parte el uso de fertilizantes orgánicos permite mejorar las características del suelo, son menos solubles y los nutrientes se disuelven gradualmente para disposición de las plantas, aumentan la capacidad de intercambio catiónico y reducen la pérdida de nutrientes por lixiviación. (Bhatt et al., 2019 págs. 178-179).

### 2.2.3 Clasificación de los fertilizantes

Los fertilizantes se componen de uno o varios compuestos químicos, en función de estos componentes y de cómo se liberan los nutrientes, han sido clasificados en las siguientes categorías:

a. Fertilizante orgánico:

Los fertilizantes orgánicos son productos fabricados a partir de materiales de origen animal o vegetal que funcionan directamente como fuente de nutrientes para las plantas e indirectamente en propiedades biológicas, físicas y químicas capaces de enriquecer el suelo. (Bhatt et al., 2019 págs. 178).

Los materiales orgánicos se descomponen por acción de microorganismos encargados de transformarlos en compuestos asimilables para las plantas, se incluyen: purines, estiércol, lombrices, turba, algas marinas, guano, además, existen fertilizantes como el compost, bocashi, la harina de sangre, la harina de huesos y extractos de algas marinas. (Ilali et al., 2021 pág. 40).

b. Fertilizante inorgánico:

Los fertilizantes inorgánicos principalmente están compuestos de sustancias químicas, como, el cloruro de potasio, la urea, superfosfato triple granulado y el amoníaco anhidrido, entre otros. Estos productos se elaboran utilizando tecnología avanzada en fábricas industriales, lo que garantiza su durabilidad y eficacia. (Goutam, 2016, pág. 56).

### 2.2.4 Composición de los fertilizantes

Dentro del grupo de fertilizantes inorgánicos existe una gran variedad de composiciones de las cuales los más usados se detallan a continuación:

**Tabla 2-1:** Composición química de los fertilizantes

Compuesto	N (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	K <sub>2</sub> O (%)
Urea	46	0	0
Nitrato de amonio	33	0	0
Sulfato de amonio	21	0	0
Nitrato de calcio	1	0	0

DAP	18	46	0
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	11	48	0
Nitrato de potasio	0	0	44
Cloruro de potasio	0	0	60
Superfosfato triple	46-50	0	0
Superfosfato	16-20	0	0

Fuente: Boyd, 2018.

Realizado por: Mogro J., 2023.

## 2.3 Biofertilización y promoción de crecimiento

### 2.3.1 *Trichoderma harzianum*

*Trichoderma harzianum* es un hongo agresivo con una producción numerosa de esporas y una tasa de proliferación rápida, es enérgicamente competitivo por la luz, espacio y minerales, además, su relación simbiótica con las plantas hace que regule de manera efectiva la estructura de las raíces, aumentando la longitud de las raíces, mejorando la capacidad de absorción de nutrientes, y su capacidad de responder de manera rápida y eficaz a la invasión de patógenos. (Pani et al., 2021 pág. 32).

#### 2.3.1.1 Clasificación taxonómica

Las características morfológicas como hifas delgadas y septadas y conidióforos de color verde permitieron realizar la siguiente clasificación:

**Tabla 2-2:** Descripción taxonómica de *T. harzianum*

Taxonomía	
<b>Reino</b>	Fungi
<b>División</b>	Ascomycota
<b>Subdivisión</b>	Pezizomycotina
<b>Clase</b>	Sordariomyceta
<b>Orden</b>	Hypocreales
<b>Familia</b>	Hypocreaceae
<b>Género</b>	Trichoderma
<b>Especie</b>	<i>Trichoderma harzianum</i>

Fuente: Schoch, 2020.

Realizado por: Mogro J., 2023.

### 2.3.1.2 *Mecanismos de acción de Trichoderma harzianum*

- Promotor de crecimiento: Actúa como un potente estimulador del crecimiento de las plantas, mejora la absorción de nutrientes mediante la producción de hormonas de crecimiento. Según (Sánchez et al., 2021 págs. 27-28) los fertilizantes que contienen *Trichoderma* estimulan el crecimiento de las plantas y aumentan la población microbiana del suelo.
- Agente de biocontrol: *Trichoderma* spp. es ampliamente reconocido y explotado comercialmente como agente de biocontrol mejoradores de suelo y biofertilizantes debido a su capacidad de proteger plantas controlando poblaciones de patógenos presentes en el suelo descomponiendo hidrocarburos, compuestos clorofenólicos, polisacáridos y pesticidas xenobióticos. (Sood et al., 2020 pág. 5).
- Biofertilizante: El mejoramiento de la producción de cultivos radica en su capacidad para descomponer las moléculas orgánicas presentes en el suelo y ponerlas a disposición de las plantas para una absorción efectiva, reduciendo la necesidad de fertilizantes convencionales como NPK, promoviendo la solubilización del fosfato en el suelo y mejorando la absorción de micronutrientes (Pani et al., 2021 pág. 34).

### 2.3.2 *Bacillus subtilis*

*Bacillus subtilis* es una bacteria no patógena gram positiva que produce metabolitos secundarios capaces de adherirse a las raíces de las plantas, además, su habilidad para formar esporas altamente resistentes lo hace excelente para aplicaciones agrícolas, esto se debe a su capacidad para enfrentar condiciones de estrés abiótico como la sequía y la variación de temperatura. (Blake., 2021 pág. 15).

#### 2.3.2.1 *Clasificación taxonómica*

El género *Bacillus*, como representante principal de bacterias aeróbicas capaces de formar endosporas, es altamente diverso, en la actualidad, cuenta con 273 especies validadas. (Schoch, 2020).

**Tabla 2-3:** Descripción taxonómica de *B. subtilis*

<b>Taxonomía</b>	
<b>Dominio</b>	Bacteria
<b>Filo</b>	Bacillota
<b>Clase</b>	Bacilli
<b>Orden</b>	Bacillales
<b>Familia</b>	Bacillaceae
<b>Género</b>	Bacillus
<b>Especie</b>	<i>Bacillus subtilis</i>

**Fuente:** Schoch, 2020.

**Realizado por:** Mogro Javier., 2023.

#### 2.3.2.2 *Mecanismos de acción de Bacillus subtilis*

- Promotor del crecimiento: la mayoría de cepas de *Bacillus subtilis* tienen la capacidad de promover el crecimiento de las plantas mediante fitohormonas como: auxinas, citocininas, giberelinas y etileno, también promueven la liberación de nutrientes como el fosfato, potasio y zinc, fijan nitrógeno y mejoran la capacidad de absorción de las raíces. (Wang et al., 2018 pág. 230).
- Inducción de resistencia: *Bacillus subtilis* activa la resistencia sistema inducida (ISR) contra virus, bacterias y hongos, esta activación de ISR está asociado a la síntesis del gen regulador NPR1 en las plantas, etileno y el ácido jasmónico, de igual manera, está asociado con la producción de proteínas como quitinasas y glucanasas, resiste enfermedades mediante la generación de fitoalexinas y degrada la pared celular. (Hashem et al., 2019 pág. 1294).

## 2.4 Interacciones planta – microorganismos

### 2.4.1 *Interacciones benéficas entre plantas y microorganismo*

Según (Benjemuda, 2017 pág. 7) las interacciones entre las plantas y microorganismos tienen lugar en tres áreas clave de la planta:

- La filósfera se refiere a las partes aéreas de la planta, como el tallo, las hojas, las flores o los frutos
- La endosfera está relacionada con el sistema de transporte de la planta
- En la rizosfera, encontramos diversas poblaciones microbianas que abarcan bacterias, hongos, levaduras y protozoos.

#### **2.4.2 Mecanismos de acción de los microorganismos en la promoción del crecimiento vegetal**

Los microorganismos promotores del crecimiento de las plantas (PGPR) utilizan una variedad de mecanismos para incidir en el crecimiento de las plantas, los cuales pueden ser directos e indirectos. La diferencia radica en que los procesos indirectos tienen lugar fuera de la planta, mientras que, los mecanismos directos se desarrollan internamente en la planta impactando sobre su metabolismo al modificar la expresión genética. (Benjemuda, 2017 pág. 8).

- Mecanismos directos

**Fijación de Nitrógeno:** El nitrógeno molecular se convierte en amoníaco, influyendo positivamente en el crecimiento de las plantas, además, algunos microorganismos fijadores de nitrógeno también pueden mejorar la solubilización de fosfatos, producir fitohormonas, quelatar hierro y combatir patógenos. (Arora et al., 2013 pág. 420).

**Solubilización de fosfato:** Microorganismos del suelo como bacterias, hongos, actinomicetos y hongos micorrícicos son altamente participativos en actividades metabólicas siendo parte fundamental del manejo integrado de nutrientes para mejorar la capacidad de las plantas para absorber los nutrientes aumentando su rendimiento. (Rawat et al., 2021 pág. 51).

**Producción de fitohormonas:** Varios microorganismos tienen la capacidad de producir fitohormonas como auxinas, citocininas, giberelinas, ácido abscísico y etileno facilitando el crecimiento y desarrollo de las plantas, la producción de fitohormonas por parte de las plantas y las rizobacterias están inmersas en las células vegetales. (Hakim et al., 2021 pág. 9).

- Mecanismos indirectos

**Sideróforos:** Producidos por bacterias de varios géneros suministran a las plantas de hierro promoviendo su crecimiento, también sirven de limitantes en el desarrollo de algunas bacterias y hongos patógenos para las plantas. (Timofeeva et al., 2022 pág. 3065).

**Resistencia Sistémica Inducida (ISR):** Algunos PGPR tienen la capacidad de inducir la Resistencia Sistémica Inducida en las plantas, activándose cuando estas son infectadas por patógenos. La ISR fortalece las defensas de las plantas y promueve su crecimiento. (Arora et al., 2013 págs. 428-429).

Enzimas: Los microorganismos presentes en la rizosfera pueden inhibir la acción de fitopatógenos mediante la producción de enzimas líticas, como fosfatasa, quitinasa,  $\beta$ -glucanasa, proteasas y deshidrogenasa. Estas enzimas descomponen inicialmente sustratos de alto peso molecular como celulosa, quitina, pectina y lignina, además, mineralizan compuestos orgánicos en nutrientes minerales, como el nitrógeno, fósforo, azufre y otros elementos. (Hakim et al., 2021 pág. 11).

## 2.5 Cultivo de lechuga

### 2.5.1 Origen y distribución geográfica

Desde el punto de vista de (Bhatta et al., 2022 pág. 1) la lechuga es originaria de la región mediterránea y fue introducida en la India en el siglo XVI, posiblemente por los portugueses o ingleses y se introdujo en América en 1494. Este cultivo es típico de la estación fría, se cultiva en todo el mundo, siendo China el principal productor, seguida de India, Japón, México y Turquía.

### 2.5.2 Importancia del cultivo

A nivel mundial, la lechuga es el cultivo económicamente más importante entre las hortalizas de hoja, esto se debe a su capacidad para ser cultivada durante todo el año, empleando distintos métodos de producción tanto como el convencional o hidropónico. (Barrios et al., 2022 pág. 2).

### 2.5.3 Taxonomía y morfología

#### 2.5.3.1 Taxonomía

**Tabla 2-4:** Descripción taxonómica de la lechuga

TAXÓN	NOMBRE
Reino	Vegetal
División	Spermatophyta
Clase	Dicotiledóneas
Orden	Sinandrales
Familia	Compositaceae
Género	Lactucae
Especie	<i>L. sativa</i>
Nombre común	Lechuga

Fuente: Sánchez, 2019.

Realizado por: Mogro, J., 2023.

### 2.5.3.2 *Morfología*

### 2.5.4 *Etapas fenológicas*

Según (Saavedra et al., 2017 pág. 27) la lechuga tiene un ciclo de crecimiento corto en comparación con otros cultivos, pero este ciclo puede variar dependiendo de la variedad de lechuga cultivada. Consta de cuatro etapas fenológicas:

- Emergencia: 6 días en siembra directa y almacigo
- Trasplante: 20 a 30 días después del almacigado
- Cosecha: 60 – 90 días después del trasplante
- Producción de semillas: 120 días (Pérez, 2021 pág. 5).

### 2.5.5 *Variedades*

#### 2.5.5.1 *Lechugas de cabeza o Crisp Head*

Estas variedades de lechuga como Batavia e Iceberg se distinguen por presentar una estructura de cabeza compacta que es más resistente a los daños físicos. Su follaje se agrupa formando un cogollo robusto y compacto, mientras que las hojas externas son anchas, onduladas en los bordes y actúan como una capa protectora. (Martínez, 2019 págs. 8-12).

En el país las más utilizadas son: Great Lakes 188, Great Lakes 366, Great Lakes 659, Coolguard, Arizona y Winter Haven. (Solagro, 2019, pág. 1).

#### 2.5.5.2 *Lechugas cos o Romanas*

Las hojas son alargadas, de bordes lisos y con el nervio central ancho, suelen ser de color verde oscuro, aunque también existen variedades rojas. (Martínez, 2019 págs. 8-12).

Asimismo, las variedades de lechuga Romana más utilizadas en el Ecuador son; Calmar, Chaparral, Crespa, Verónica y la *Red salad bowl improved*. (Solagro, 2019, pág. 1).

## **2.5.6 Características edafoclimáticas**

### **2.5.6.1 Suelo**

Un suelo rico en materia orgánica, que retiene la humedad y un buen drenaje es eficiente para el cultivo de lechuga, el rango óptimo de los suelos orgánicos es de pH es de 5,2 a 5,8, mientras que para suelos minerales es de 5,5 a 6,7. (Infoagro, 2018).

### **2.5.6.2 Temperatura**

Las semillas de lechuga germinan mejor a temperaturas entre 20 y 26°C, con una temperatura óptima de 24°C. Las plantas necesitan una temperatura de 14 y 18°C, máxima de 24°C y mínima de 7°C para su crecimiento. La diferencia térmica entre el día y la noche es crucial para el desarrollo de los cogollos de lechuga. (Infoagro, 2018).

### **2.5.6.3 Humedad relativa**

La lechuga posee un sistema radicular corto en comparación a la parte aérea haciéndola sensible a la falta de agua. No tolera la sequía y necesita una humedad relativa del 60% y al 80%. (Infoagro, 2018).

### **2.5.6.4 Luminosidad**

La lechuga desarrolla un tallo floral en fotoperiodos prolongados y altas temperaturas, las variedades de hojas sueltas son más sensibles a estas condiciones. Los cultivos requieren más de 12 de horas de luz para un crecimiento óptimo en términos de volumen, peso y calidad. (Infoagro, 2018).

## **2.5.7 Manejo del cultivo**

### **2.5.7.1 Selección de la plántula**

-

Para un crecimiento eficiente de la lechuga, se debe cultivar en lugares con abundante luz o un lugar parcialmente sombreado y con una temperatura ambiente fresca, aunque existen variedades adaptadas a climas más cálidos siempre que haya suficiente humedad. (Fintrac, 2018).

#### 2.5.7.2 *Época de siembra*

La lechuga se puede cultivar en cualquier época del año, comúnmente mediante trasplante, aunque también se puede hacer directamente en el suelo, para lo que se recomienda utilizar de 2 a 3 kg de semilla por hectárea. El rendimiento puede alcanzar una tasa de 1 kg/ha. (Infoagro, 2018).

#### 2.5.7.3 *Distancia de plantación*

La separación entre las plantas varía según el tamaño de la variedad de lechuga. Para variedades pequeñas se pueden plantar hasta 18 plantas/m<sup>2</sup>. (Infoagro, 2018).

#### 2.5.7.4 *Fertilización*

Como afirma (Jaramillo et al., 2014 pág. 76) la necesidad de fertilizantes para el cultivo de lechuga depende de varios factores, como la disponibilidad de nutrientes del suelo, los niveles de materia orgánica, la humedad, la variedad y los objetivos de producción. La tasas de aplicación se determinan basándose en análisis químicos del suelo, análisis foliares y observaciones de campo.

Según (Fintrac, 2018) las cifras promedio de extracción de nutrientes para un cultivo de lechuga cuyos rendimientos oscilan en 45 t/ha son:

**Tabla 2-5:** Extracción de nutrientes del cultivo de lechuga

N	100kg/ha
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	50kg/ha
K <sub>2</sub> O	250kg/ha
CaO	51kg/ha
MgO	22kg/ha

**Fuente:** Fintrac, 2018.

**Realizado por:** Mogro, J., 2023.

#### 2.5.7.5 *Riego*

La lechuga se debe regar al menos dos veces/semana. El riego frecuente pero ligero estimulará el rápido crecimiento de las hojas, se debe evitar el riego excesivo, especialmente en suelos compactos para prevenir enfermedades y quemaduras de las hojas. (Infoagro, 2018).

#### 2.5.7.6 *Control de malezas*

A los 30-35 días después de la siembra, cuando las plantas alcancen una altura de 10 a 15 cm, se debe labrar el suelo para controlar las malezas y promover la aireación del suelo. (Fintrac, 2018).

#### 2.5.8 *Principales plagas y enfermedades*

Según (Godoy et al., 2018 págs. 26-40) mencionan las plagas y enfermedades de mayor impacto económico en el cultivo de lechuga:

##### 2.5.8.1 *Plagas*

**Gusano gris (*Agrotis segetum*):** Este insecto corta las plantas más jóvenes cerca su base, provocando que se rompan. Para detectar su presencia, excava alrededor de la base de la planta.

**Minadores (*Liriomyza trifoli* y *Liriomyza huidobrensis*):** Estos insectos forman galerías en las hojas, y si el ataque es severo la planta se debilita. Se recomienda procesar cuando se determina la primera galería.

**Mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum*):** La mosca blanca suele debilitar la planta picándola y absorbiendo los nutrientes de la planta.

**Trips (*Frankliniella occidentalis*):** El adulto de este insecto es pequeño (1,5 mm) y causa daños al transmitir el virus del bronceado del tomate (TSWV). La presencia de este virus se manifiesta por una extensa necrosis foliar, que puede provocar la muerte de la planta.

**Caracoles y babosas:** Estos moluscos consumen las hojas, ocasionando daños a los cultivos y deteriorando su calidad.

##### 2.5.8.2 *Enfermedades*

**Antracnosis (*Microdochium panattoniana*):** Causa pequeñas heridas en las hojas que gradualmente se expanden formando manchas redondas o angulares de color rojo oscuro. Se sugiere desinfectar el suelo y las semillas como medida de control.

**Podredumbre gris (*Botrytis cinerea*):** Comienza en las hojas más viejas con manchas húmedas que se vuelven amarillas y se cubren de moho gris que libera esporas. El micelio blanco se forma en condiciones húmedas y la pudrición marrón o negra en condiciones secas.

**Septoria (*Septoria lactucae*):** En las hojas inferiores de la planta causa la aparición de manchas.

**Mildiu (*Bremia lactucae*):** En el envés de las hojas hay un micelio veloso y en la superficie manchas de un centímetro de diámetro. Estas manchas tienden a fusionarse y adquirir un tono marrón. Los ataques más graves ocurren durante periodos de humedad prolongada.

**Esclerotinia (*Sclerotinia sclerotiorum*):** Se origina en el suelo, afecta a los tejidos cercanos al suelo y provoca que las hojas más viejas se marchiten paulatinamente. En sus tallos crece micelio parecido al algodón.

### **2.5.9 Cosecha**

El proceso es fundamental para la calidad del producto y se estima que su proceso tiene un impacto del 10 al 20% en la calidad comercial del producto final. Es importante tomar precauciones para evitar cualquier daño mecánico al producto, como golpes, presiones o cortes, entre otros. La evaluación de la madurez se basa en la evaluación de la firmeza de la cabeza. (González y Zepeda, 2013 pág. 18).

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1 Localización

La investigación de campo se llevó a cabo en el invernadero de Horticultura de la Facultad de Recursos Naturales de la Escuela Politécnica Superior de Chimborazo ubicada en la parroquia Lizarzaburu, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo.

#### 3.2 Ubicación Geográfica

- Latitud: 1°38'51"S
- Longitud: 78°40'58"O
- Altitud: 2.823 msnm

#### 3.3 Variables medioambientales registradas dentro del invernadero

- Temperatura promedio: 11°C – 37°C
- Humedad relativa promedio: 21% - 81%

#### 3.4 Materiales y Equipos

##### 3.4.1 *Materiales del Laboratorio*

Autoclave, matraces, agua destilada, agua, papel toalla absorbente, incubadora, asas de inoculación, cajas Petri de plástico, cámara de flujo, mechero, agar PDA, alcohol industrial al 70%, alcohol etílico al 96%, cloranfenicol.

##### 3.4.1.1 *Material biológico: cepas de Bacillus subtilis y Trichoderma harzianum*

El material biológico utilizado fue la bacteria *Bacillus subtilis* y el hongo *Trichoderma harzianum* obtenidas del banco de cepas del Laboratorio de Ciencias Biológicas de la Facultad de Recursos Naturales de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

##### 3.4.1.2 *Material de campo*

Invernadero, vasos térmicos blancos, sustrato, regla, etiquetas, palillos de pincho, regadera, agua, cámara fotográfica, cuaderno de campo.

#### 3.4.1.3 *Material vegetal*

Plántulas de lechuga (*Lactuca sativa* L.) var. Crespa

#### 3.4.1.4 *Producto agroquímico*

DAP (Fosfato diamónico)

#### 3.4.1.5 *Material de oficina*

Lápiz, impresora, marcadores, calculadora, libreta de campo, hojas.

### 3.4.2 *Metodología*

#### 3.4.2.1 *Tipo de diseño*

La metodología se basará en un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con arreglo factorial A x B (A: 3 Bioproductos; B: 5 Dosis de fertilizante) con 15 tratamientos y 3 repeticiones.

#### 3.4.2.2 *Factores de estudio*

Factor A (Bioproductos)

- *Trichoderma harzianum*
- *Bacillus subtilis*
- *Trichoderma harzianum* + *Bacillus subtilis*

Factor B (Dosis de fertilizante)

- 0%
- 25% (DAP: 0,14g)

- 50% (DAP: 0,29g)
- 75% (DAP: 0,43g)
- 100% (DAP: 0,57g)

### 3.4.2.3 Delineamiento del diseño experimental

**Tabla 3-1:** Delineamientos aplicados en el ensayo

Diseño	Cantidad
Número de tratamientos	15
Número de repeticiones	3
Numero de ue	45
Número de plantas/ue	5
Total plantas	225

Realizado por: Mogro, J., 2023.

### 3.4.2.4 Códigos de cada tratamiento

**Tabla 3-2:** Código de los tratamientos aplicados en el ensayo

Tratamiento	Codificación	Descripción
T1	ThD1	<i>Trichoderma harzianum</i> (0%)
T2	ThD2	<i>Trichoderma harzianum</i> (25%)
T3	ThD3	<i>Trichoderma harzianum</i> (50%)
T4	ThD4	<i>Trichoderma harzianum</i> (75%)
T5	ThD5	<i>Trichoderma harzianum</i> (100%)
T6	BsD1	<i>Bacillus subtilis</i> (0%)
T7	BsD2	<i>Bacillus subtilis</i> (25%)
T8	BsD3	<i>Bacillus subtilis</i> (50%)
T9	BsD4	<i>Bacillus subtilis</i> (75%)
T10	BsD5	<i>Bacillus subtilis</i> (100%)
T11	ThBsD1	<i>Trichoderma harzianum</i> + <i>Bacillus subtilis</i> (0%)
T12	ThBsD2	<i>Trichoderma harzianum</i> + <i>Bacillus subtilis</i> (25%)
T13	ThBsD3	<i>Trichoderma harzianum</i> + <i>Bacillus subtilis</i> (50%)
T14	ThBsD4	<i>Trichoderma harzianum</i> + <i>Bacillus subtilis</i> (75%)
T15	ThBsD5	<i>Trichoderma harzianum</i> + <i>Bacillus subtilis</i> (100%)

Realizado por: Mogro, J., 2023.

### 3.4.2.5 Esquema del análisis de varianza

**Tabla 3-3:** Esquema del análisis de varianza (ADEVA)

Fuente de variación	Fórmula	Grados de Libertad
Bloques	$r-1$	2
Factor A (Bioproductos)	$a-1$	2
Factor B (Dosis fertilizante)	$b-1$	4
Interacción A x B	$(a-1) *(b-1)$	8
Error	$(ab-1) *(r-1)$	28
Total	$(abr-1)$	44

Realizado por: Mogro, J., 2023.

### 3.4.2.6 Análisis funcional

- Los análisis estadísticos serán llevados a cabo utilizando el software InfoStat
- Se determinará la relación beneficio/costo con relación a los tratamientos utilizados y los datos obtenidos se interpretarán con la siguiente tabla:

**Tabla 3-4:** Interpretación de la relación beneficio/costo

Beneficio/Costo	Interpretación
$B/C > 1$	Proyecto viable
$B/C = 1$	El proyecto no gana ni pierde
$B/C < 1$	Proyecto no viable

Realizado por: Mogro, J., 2023.

### 3.4.2.7 Métodos de evaluación y registro de datos

- Porcentaje de prendimiento

Se calculará la tasa de rendimiento de las plántulas de lechuga después de un período de 8 días desde su trasplante dentro del invernadero.

- Altura de la planta

En cada uno de los tratamientos se elegirán las cinco plantas de lechuga de la variedad Crespa,

y se medirá la altura de todas las plantas desde la base hasta la yema terminal, expresando dicho valor en cm.

Estas mediciones se llevarán a cabo a los 15, 30 y 45 ddt, lo que suma un total de tres conjuntos de datos durante todo el experimento.

- Número de hojas

Se escogerán las cinco plantas de lechuga de la variedad Crespa de cada tratamiento, y se llevará a cabo el conteo del número de hojas en cada una de estas plantas.

Estas mediciones se llevarán a cabo a los 15, 30 y 45 ddt, lo que suma un total de tres conjuntos de datos durante todo el experimento.

- Peso fresco de la raíz y el follaje de la planta

Se tomará una planta de lechuga de la variedad Crespa de cada tratamiento, y se recolectarán datos relacionados con la raíz y el follaje de la planta por separado. Estos valores se obtendrán al finalizar el ensayo.

- Peso seco de la raíz y el follaje de la planta

Se utilizará las mismas plantas que se utilizaron para medir el peso fresco y se procederá a obtener el peso seco para la raíz y el follaje. Este valor se expresará en gramos y se obtendrá una vez que las plantas hayan perdido su contenido de humedad.

- Días a la cosecha

Se registrará el número de días que han transcurrido desde el trasplante hasta el momento en que las plantas alcancen su punto óptimo de madurez de cada tratamiento para su comercialización.

- Análisis económico

Se realizará el análisis económico mediante la relación beneficio-costos (B/C).

## CAPÍTULO IV

### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Porcentaje de prendimiento

El análisis de varianza correspondiente al porcentaje de prendimiento no mostró diferencias significativas ( $P > 0,05$ ) en ninguno de sus factores y su interacción a los 8 ddt. El coeficiente de variación fue de 2,42% (Tabla 4-1).

**Tabla 4-1:** ANOVA para el porcentaje de prendimiento a los 8 días ddt

Fuente de variación	Cuadrados medios				
	GL	SC	CM	F	p-valor
<b>Bioproducto</b>	2	10,67	5,33	1,00	0,4444 ns
<b>Bloque</b>	2	0,00	0,00	0,00	>0,9999 ns
<b>Error</b>	4	21,33	5,33		
<b>Total</b>	8	32,00			
<b>CV (%)</b>	2,42%				

p-valor > 0,05 y >0,01 ns. No significativo

p-valor < 0,05 y >0,01 \*. Significativo

p-valor < 0,05 y <0,01 \*\*. Altamente significativo

Realizado por: Mogro, J., 2024.

#### 4.2 Altura de la planta a los 15, 30 y 45 días ddt

El análisis de varianza correspondiente a la variable altura de la planta mostró diferencias altamente significativas ( $P < 0,01$ ) a los 15, 30 y 45 ddt para el factor bioproducto, para el factor dosis de fertilizante y para la interacción de ambos factores (bioproducto\*dosis de fertilizante) en las 3 lecturas. El coeficiente de variación fue de 1,50% a los 15 días, 1,51% a los 30 días y 0,80% a los 45 días. (Tabla 4-2).

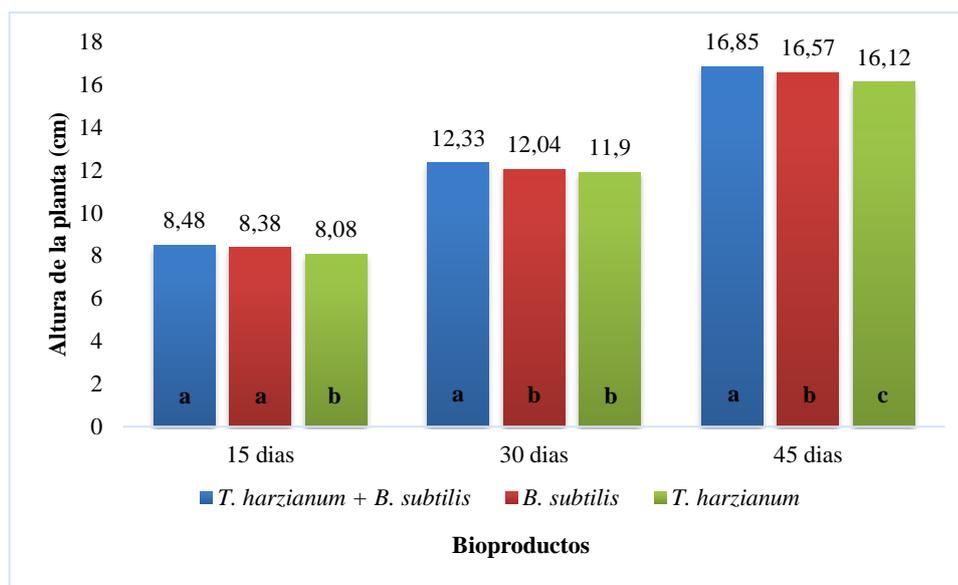
**Tabla 4-2** ANOVA para la variable altura para los 15, 30 y 45 días ddt

Fuente de variación	G L	Cuadrados medios					
		15 días	p-valor	30 días	p-valor	45 días	p-valor
<b>Bioproducto</b>	2	41,96	<0,0001 **	22,10	<0,0001 **	116,35	<0,0001 **

<b>Dosis fertilizante</b>	4	202,13	<0,0001 **	731,43	<0,0001 **	5134,1 0	<0,0001 **
<b>Bioproducto* dos is fertilizante</b>	2	23,94	<0,0001 **	4,46	0,0014 **	19,14	<0,0001 **
<b>Bloque</b>	8	0,48	0,6263 ns	3,34	0,0500 ns	0,34	0,7126 ns
<b>Error</b>	28						
<b>Total</b>	44						
<b>CV (%)</b>		1,50%		1,51%		0,80%	

p-valor > 0,05 y >0,01 ns. No significativo  
p-valor < 0,05 y >0,01 \*. Significativo  
p-valor < 0,05 y <0,01 \*\*. Altamente significativo  
**Realizado por:** Mogro, J., 2024.

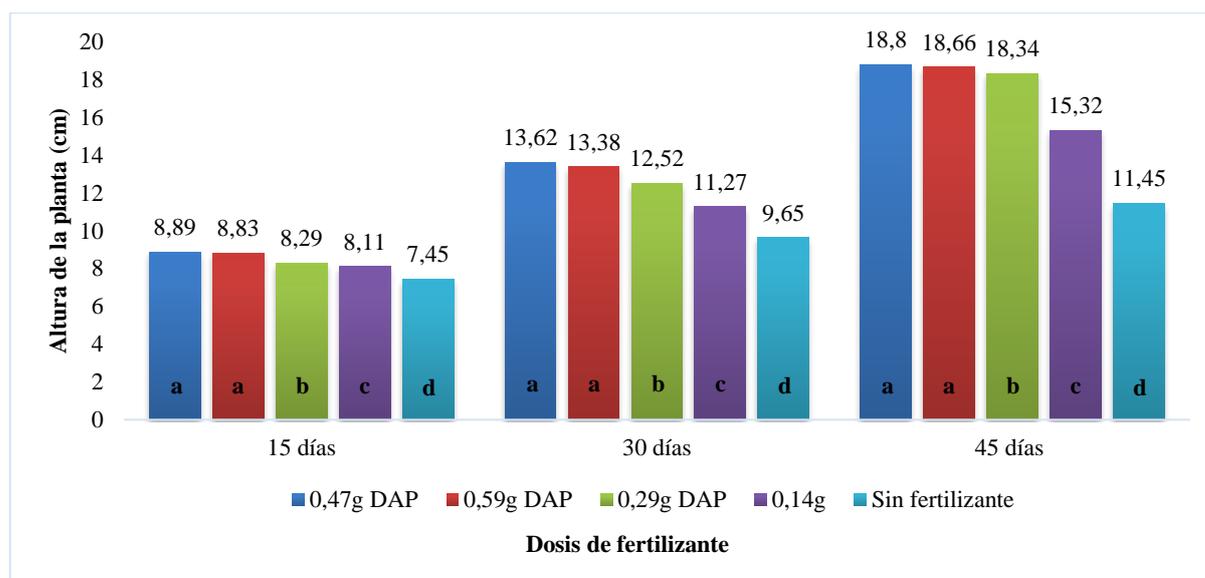
La prueba Tukey al 5% para la variable altura a los 15, 30 y 45 ddt para el factor bioproducto mostró dos rangos de significancia en la primera lectura (Ilustración 4-1), donde *T. harzianum* + *B. subtilis* y *B. subtilis* se ubicaron en el primer rango (a) con una media de 8,48 y 8,38 cm a los 15 días mientras que las plantas tratadas con *T. harzianum* se ubicaron en el rango (b) con una media de 8,08 cm. Para la segunda lectura también se obtuvieron dos rangos, donde *T. harzianum* + *B. subtilis* se ubicó en el rango (a) con una media de 12,33 cm a los 30 días, mientras que las plantas tratadas con *B. subtilis* y *T. harzianum* se ubicaron en el rango (b) con medias de 12,04 y 11,90 cm. Para la tercera lectura se obtuvieron tres rangos, donde *T. harzianum* + *B. subtilis* se ubicó en el primer rango (a) con una media de 16,85 cm a los 45 días. Mientras que las plantas tratadas con *T. harzianum* se ubicaron en el tercer rango (c) con una media de 16,12 cm.



**Ilustración 4-1** Altura de la planta a los 15, 30 y 45 días ddt con los bioproductos aplicados.

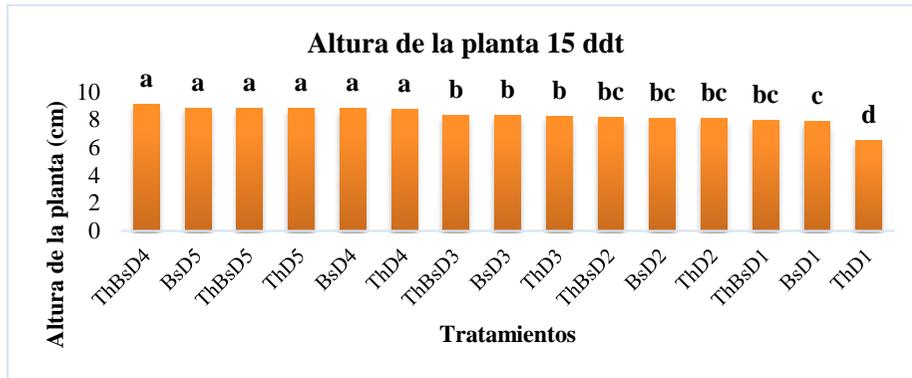
**Realizado por:** Mogro, J., 2024

En el factor dosis de fertilizante la prueba Tukey al 5% para la variable altura a los 15, 30 y 45 ddt mostró cuatro rangos de significancia en las tres lecturas (Ilustración 4-2), donde las plantas tratadas con una dosis de fertilizante al 75% (0,43g) y al 100% se ubicaron en el primer rango (a) a los 15, 30 y 45 días con medias de 8,89; 13,62 y 18,80 cm para el 75% y 8,83; 13,38 y 18,66 cm para el 100%. Por otro lado, las plantas tratadas con una dosis de fertilizante al 0% (sin fertilizante) se ubicó en el cuarto rango (d) con una media de 7,45 cm a los 15 días, 9,65 cm a los 30 días y 11,45 cm a los 45 días.

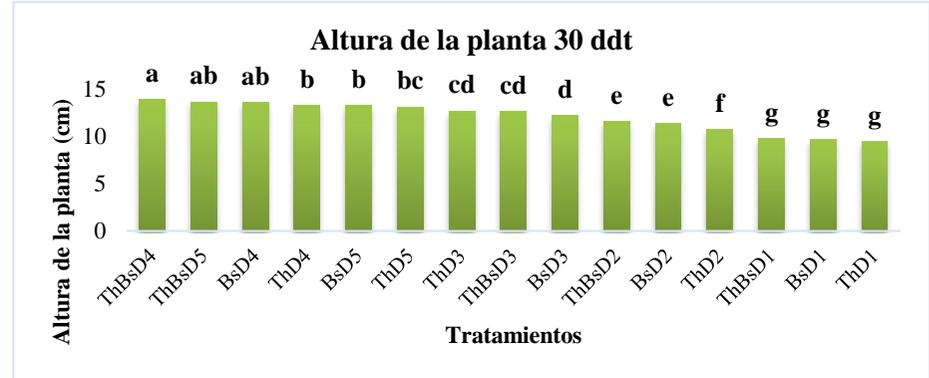


**Ilustración 4-2** Altura de la planta a los 15, 30 y 45 días ddt con las dosis de fertilizante plicados.  
Realizado por: Mogro, J., 2024.

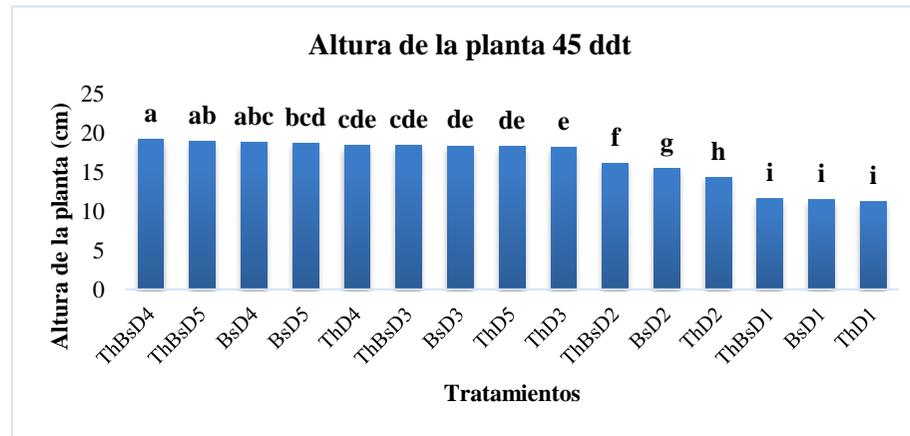
En la interacción de factores (bioproducto\*dosis de fertilizante) la prueba Tukey al 5% para la variable altura mostró que las plantas tratadas con *T. harzianum* + *B. subtilis* con el 75% del fertilizante fue el mejor posicionándose en el primer rango (a) a los 15, 30 y 45 ddt con medias de 9,12 cm (Ilustración 4-3), 13,91 cm (Ilustración 4-4), y 19,15 cm (Ilustración 4-5). Mientras que las plantas tratadas con *T. harzianum* sin fertilizante se ubicó en el último rango (d, g, i) a los 15, 30 y 45 ddt con medias de 6,51 cm (Ilustración 4-3), 9,51 cm (Ilustración 4-4) y 11,27 cm (Ilustración 4-5).



**Ilustración 4-4** Altura de la planta a los 15 días (bioproducto\*dosis de fertilizante)



**Ilustración 4-3** Altura de la planta a los 30 días (bioproducto\*dosis de fertilizante)



**Ilustración 4-5** Altura de la planta a los 45 días (bioproducto\*dosis de fertilizante)

Realizado por: Mogro, J., 2024

### 4.3 Número de hojas a los 15, 30 y 45 días ddt

El análisis de varianza correspondiente a la variable número de hojas de la planta mostró diferencias altamente significativas ( $P < 0,01$ ) a los 15, 30 y 45 ddt para el factor bioproducto y para el factor dosis de fertilizante, mientras que en la interacción de ambos factores (bioproducto\*dosis de fertilizante) no existieron diferencias significativas ( $P > 0,05$ ) en las 3 lecturas. El coeficiente de variación fue de 1,18% a los 15 días, 0,73% a los 30 días y 1,02% a los 45 días. (Tabla 4-3).

**Tabla 4-3** ANOVA para la variable número de hojas para los 15, 30 y 45 días ddt

Fuente de variación	Cuadrados medios						
	gl	15 días	p-valor	30 días	p-valor	45 días	p-valor
<b>Bioproducto</b>	2	6,14	0,0061 **	19,48	<0,0001 **	19,40	<0,0001 **
<b>Dosis fertilizante</b>	4	102,78	<0,0001 **	34,90	<0,0001 **	629,78	<0,0001 **
<b>Bioproducto*dosis fertilizante</b>	2	1,90	0,0993 ns	1,13	0,3768 ns	0,94	0,4996 ns
<b>Bloque</b>	8	0,86	0,4347 ns	0,69	0,5122 ns	2,15	0,1358 ns
<b>Error</b>	28						
<b>Total</b>	44						
<b>CV (%)</b>		1,18%		0,73%		1,02%	

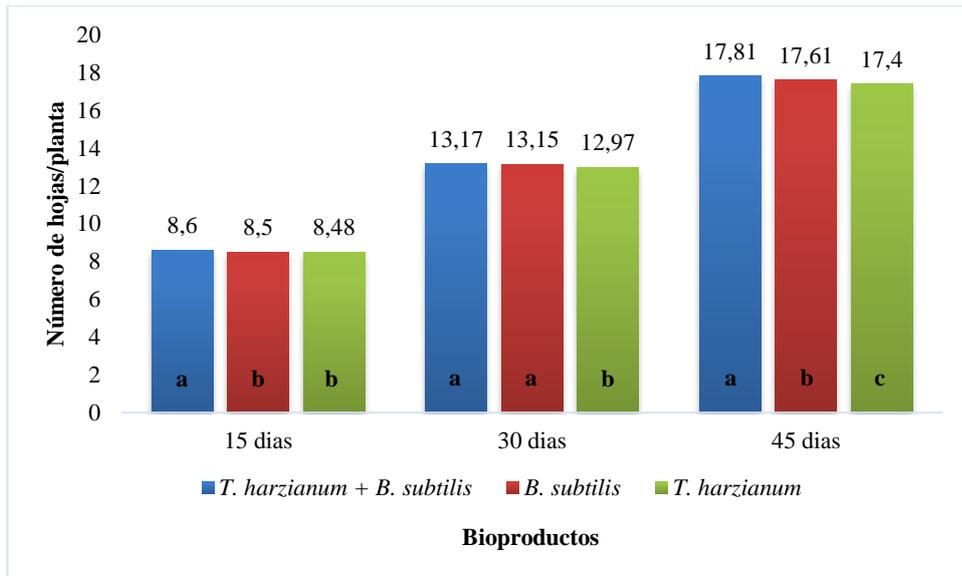
p-valor > 0,05 y >0,01 ns. No significativo

p-valor < 0,05 y >0,01 \*. Significativo

p-valor < 0,05 y <0,01 \*\*. Altamente significativo

**Realizado por:** Mogro, J., 2024.

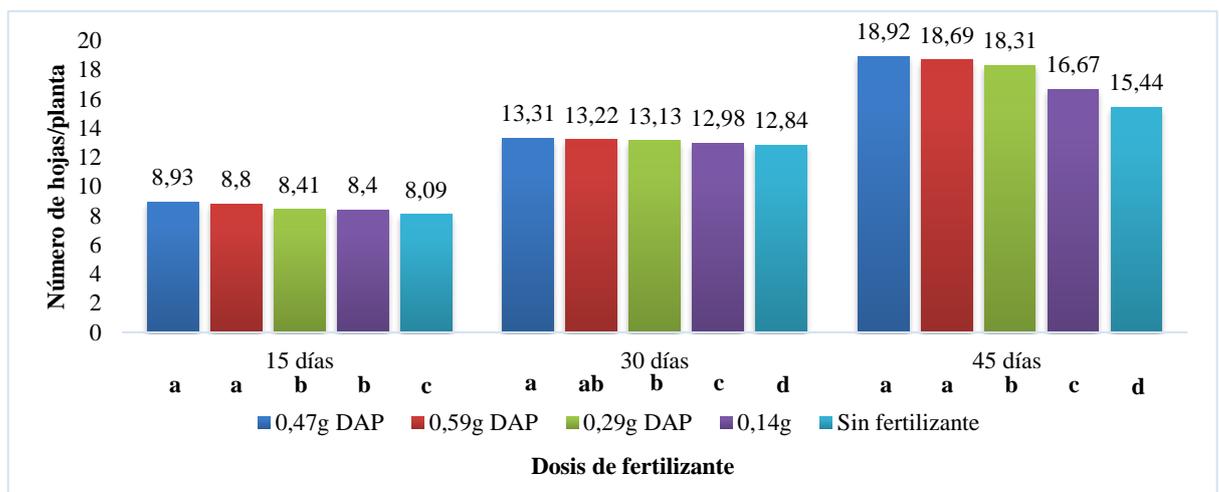
La prueba Tukey al 5% para la variable número de hojas a los 15, 30 y 45 ddt para el factor bioproducto mostró dos rangos de significancia donde *T. harzianum* + *B. subtilis* se ubicó en el primer rango (a) con una media de 8,60 hojas/planta a los 15 días, 13,17 hojas/planta a los 30 días y 17,81 hojas/planta a los 45 días. Mientras que las plantas tratadas con *T. harzianum* se ubicaron en el rango (b) con una media de 8,48 hojas/planta a los 15 días, 12,97 hojas/planta a los 30 días y 17,40 hojas/planta a los 45 días. (Ilustración 4-6).



**Ilustración 4-6** Número de hojas a los 15, 30 y 45 días con los bioproductos aplicados

Realizado por: Mogro, J., 2024.

En el factor dosis de fertilizante la prueba Tukey al 5% para la variable número de hojas a los 15 ddt mostró tres rangos de significancia en la primera lectura (Ilustración 4-7), donde la dosis de fertilizante al 75% (0,43g) se ubicó en el primer rango (a) con una media de 8,93 hojas/planta, mientras que las plantas tratadas con una dosis de fertilizante al 0% (sin fertilizante) se ubicó en el tercer rango (c) con una media de 8,09 hojas/planta. Para los 30 y 45 ddt la prueba Tukey al 5% mostró cuatro rangos de significancia en la segunda lectura (Ilustración 4-7), donde las plantas tratadas con una dosis de fertilizante al 75% (0,43g) se ubicó en el primer rango (a) con una media de 13,31 y 18,92 hojas/planta. Por otro lado, las plantas tratadas con una dosis de fertilizante al 0% (sin fertilizante) se ubicó en el cuarto rango (d) con una media de 12,84 y 15,44 hojas/planta.



**Ilustración 4-7** Número de hojas a los 15, 30 y 45 días con las dosis de fertilizante aplicados

Realizado por: Mogro, J., 2024.

#### 4.4 Peso fresco y seco de la planta de lechuga

A continuación, se presentan los resultados alcanzados en la evaluación de los pesos de la lechuga de la variedad Crespa, tanto la raíz y follaje en condiciones frescas y secas.

##### 4.4.1 Peso fresco y seco de la raíz a los 45 ddt

El análisis de varianza correspondiente a la variable peso fresco y seco de la raíz mostró diferencias altamente significativas ( $P < 0,01$ ) a los 45 días para el factor bioproducto y dosis de fertilizante. Mientras que la interacción de ambos factores (bioproducto\*dosis de fertilizante) no mostró diferencias significativas ( $P > 0,05$ ) en la variable peso fresco y diferencias altamente significativas ( $P < 0,01$ ) en la variable peso seco de la raíz. El coeficiente de variación de fue de 2,95% para el peso fresco y 0,61% para el peso seco de la raíz a los 45 días. (Tabla 4-3).

**Tabla 4-4** ANOVA para las variables peso fresco y seco de la raíz

Fuente de variación	Cuadrados medios				
	GL	Pfr <sup>1</sup>	p-valor	Psr <sup>2</sup>	p-valor
<b>Bioproducto</b>	2	156,13	<0,0001 **	41,27	<0,0001 **
<b>Dosis fertilizante</b>	4	997,20	<0,0001 **	97,20	<0,0001 **
<b>Bioproducto*dosis fertilizante</b>	2	11,20	0,2019 ns	5,54	0,0003 **
<b>Bloque</b>	8	6,53	0,0640 ns	0,47	0,6292 ns
<b>Error</b>	28				
<b>Total</b>	44				
<b>CV (%)</b>		2,95%		0,61%	

p-valor > 0,05 y >0,01 ns. No significativo

p-valor < 0,05 y >0,01 \*. Significativo

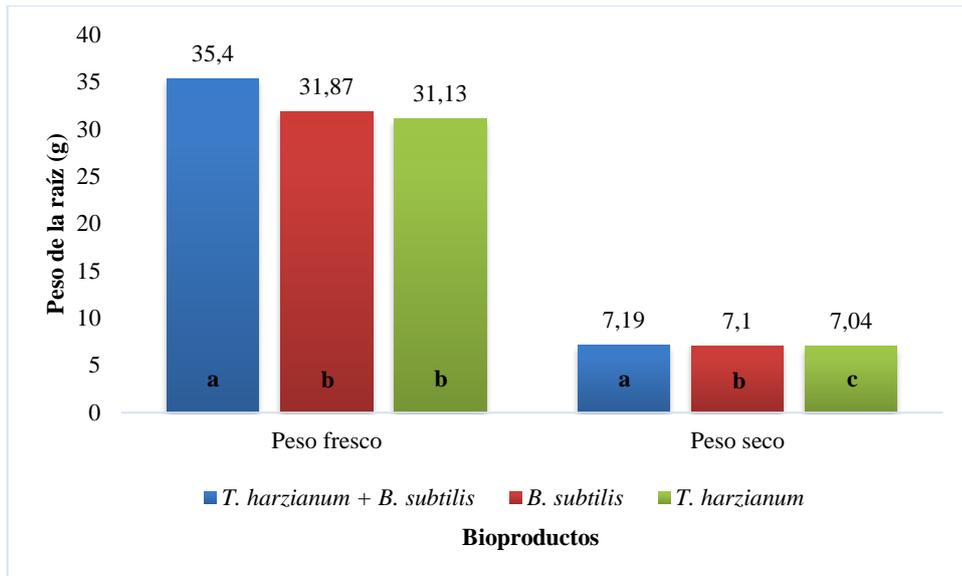
p-valor < 0,05 y <0,01 \*\*. Altamente significativo

Pfr<sup>1</sup>: Peso fresco de la raíz

Psr<sup>2</sup>: Peso seco de la raíz

**Realizado por:** Mogro, J., 2024.

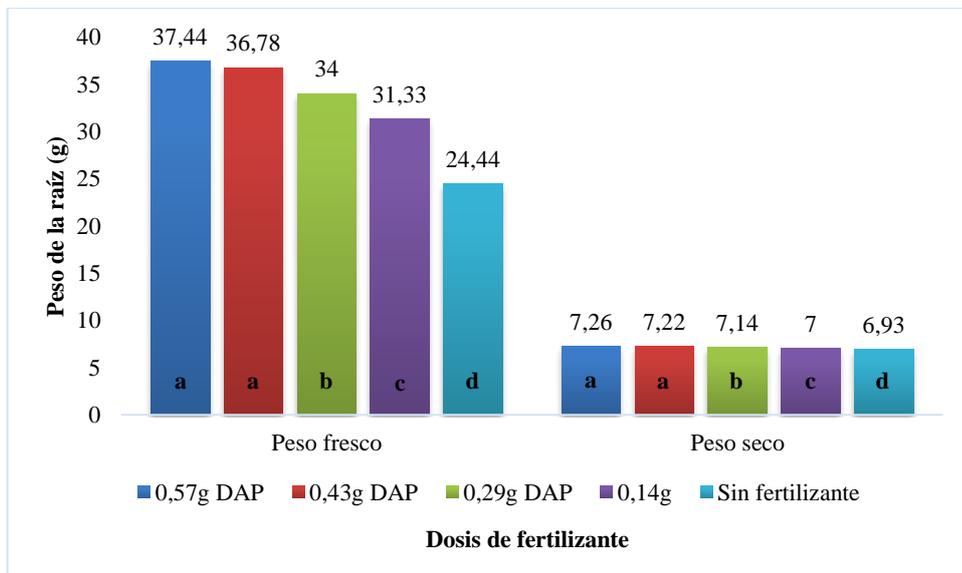
La prueba Tukey al 5% para la variable peso fresco y seco de la raíz a los 45 ddt para el factor bioproducto mostró dos rangos de significancia (Ilustración 4-8), donde *T. harzianum* + *B. subtilis* se ubicó en el primer rango (a) con una media de 35,40 g para peso fresco y 7,19 g para peso seco, mientras que las plantas tratadas con *T. harzianum* se ubicaron en el rango (b) con una media de 31,13 g. para peso fresco y en el rango (c) con una media de 7,04 g para peso seco.



**Ilustración 4-8** Peso fresco y seco de la raíz con los bioproductos aplicados

Realizado por: Mogro, J., 2024.

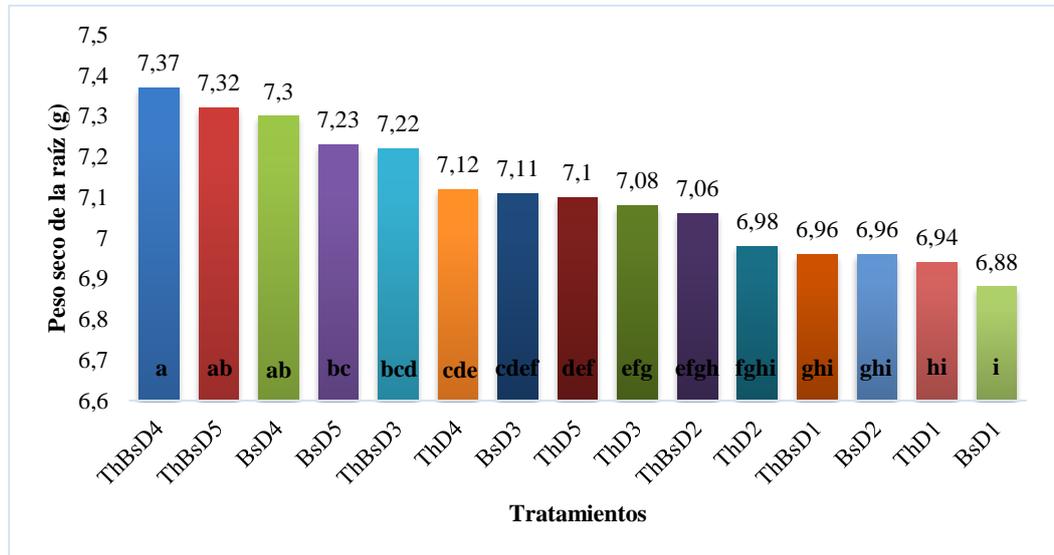
En el factor dosis de fertilizante la prueba Tukey al 5% para la variable peso fresco y seco de la raíz a los 45 ddt mostró cuatro rangos de significancia (Ilustración 4-9), donde la dosis de fertilizante al 75% (0,43g) se ubicó en el primer rango (a) con una media de 37,44 g para peso fresco y 7,26 g para peso seco, mientras que las plantas tratadas con una dosis de fertilizante al 0% (sin fertilizante) se ubicó en el cuarto rango (d) con una media de 24,44 g para peso fresco y 6,93 g para peso seco.



**Ilustración 4-9** Peso fresco y seco de la raíz con las dosis de fertilizante aplicados

Realizado por: Mogro, J., 2024.

La prueba Tukey al 5% para la variable peso seco de la raíz en la interacción de factores (bioproducto\*dosis de fertilizante) a los 45 ddt mostró nueve rangos de significancia (Ilustración 4-10), donde el tratamiento T14 (*T. harzianum* + *B. subtilis* 0,43 g) se ubicó en el primer rango (a) con una media de 7,37 g. Por otro lado el tratamiento T6 (*B. subtilis* sin fertilizante) se ubicó en el noveno rango (i) con una media de 6,88 g.



Th: *Trichoderma harzianum* Bs: *Bacillus subtilis* D1: dosis de fertilizante (0%) D2: dosis de fertilizante (25%) D3: dosis de fertilizante (50%) D4: dosis de fertilizante (75%) D5: dosis de fertilizante (100%)

**Ilustración 4-10** Peso seco de la raíz (interacción de factores)

Realizado por: Mogro, J., 2024.

#### 4.4.2 *Peso fresco y seco del follaje a los 45 ddt*

El análisis de varianza correspondiente a la variable peso fresco y seco del follaje mostró diferencias altamente significativas ( $P < 0,01$ ) a los 45 ddt para el factor bioproducto y dosis de fertilizante. Mientras que la interacción de ambos factores (bioproducto\*dosis de fertilizante) es altamente significativa ( $P < 0,01$ ) en la variable peso fresco del follaje y no significativas ( $P > 0,05$ ) en la variable peso seco del follaje. El coeficiente de variación de fue de 4,92% para el peso fresco y 10,25% para el peso seco de la raíz a los 45 días. (Tabla 4-4).

**Tabla 4-5** ANOVA para las variables peso fresco y seco del follaje

Fuente de variación	Cuadrados medios				
	Gl	Pff <sup>1</sup>	p-valor	Psf <sup>2</sup>	p-valor
<b>Bioproducto</b>	2	10,71	0,0004 **	6,10	0,0063 **
<b>Dosis fertilizante</b>	4	540,84	<0,0001 **	20,12	0,0001 **

<b>Bioproducto*dosis fertilizante</b>	2	5,90	0,0002 **	1,60	0,1698 ns
<b>Bloque</b>	8	1,15	0,3297 ns	1,90	0,1678 ns
<b>Error</b>	28				
<b>Total</b>	44				
<b>CV (%)</b>		4,92%		10,25%	

p-valor > 0,05 y >0,01 ns. No significativo

p-valor < 0,05 y >0,01 \*. Significativo

p-valor < 0,05 y <0,01 \*\*. Altamente significativo

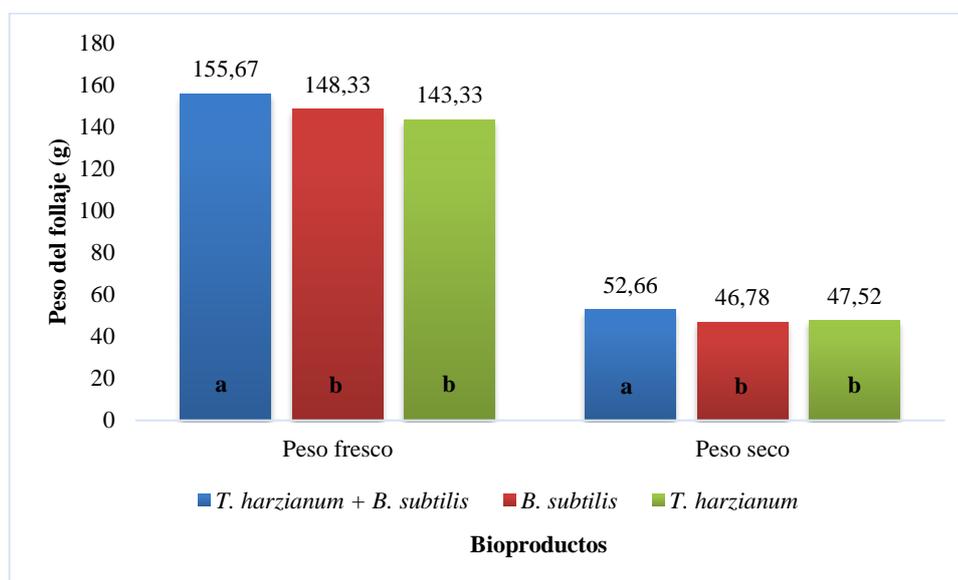
Pff<sup>1</sup>: Peso fresco del follaje

Psf<sup>2</sup>: Peso seco del follaje

Realizado por: Mogro, J., 2024.

La prueba Tukey al 5% para la variable peso fresco del follaje a los 45 ddt para el factor bioproducto mostró dos rangos de significancia (Ilustración 4-11), donde *T. harzianum* + *B. subtilis* se ubicó en el primer rango (a) con una media de 155,67 g, mientras que las plantas tratadas con *T. harzianum* se ubicó en el rango (b) con una media de 143,33 g.

Para la variable peso seco del follaje a los 45 ddt la prueba Tukey al 5% para el factor bioproducto mostró dos rangos de significancia (Ilustración 4-11), donde *T. harzianum* + *B. subtilis* se ubicó en el primer rango (a) con una media de 52,66 g, mientras que las plantas tratadas con *B. subtilis* se ubicó en el rango (b) con una media de 46,78 g.

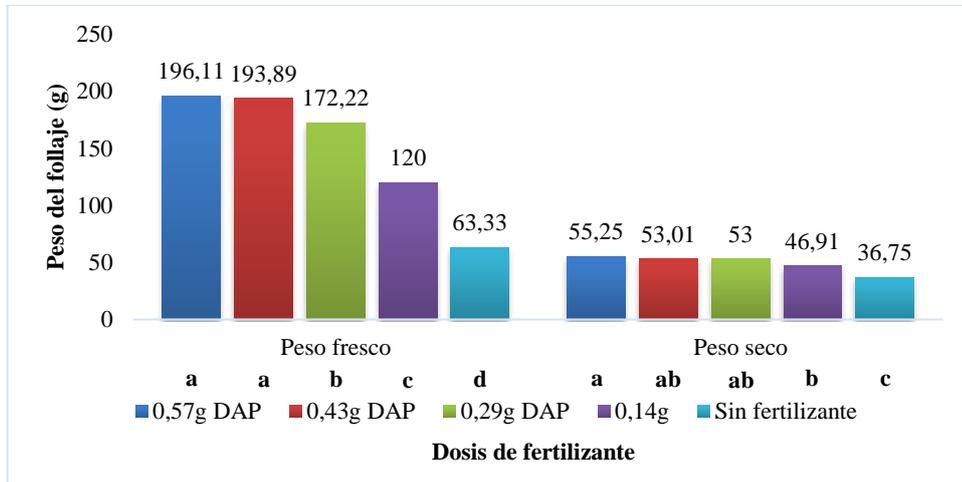


**Ilustración 4-11** Peso fresco y seco del follaje con los bioproductos aplicados

Realizado por: Mogro, J., 2024.

En el factor dosis de fertilizante la prueba Tukey al 5% para la variable peso fresco y seco del follaje a los 45 ddt mostró cuatro y tres rangos de significancia respectivamente (Ilustración 4-

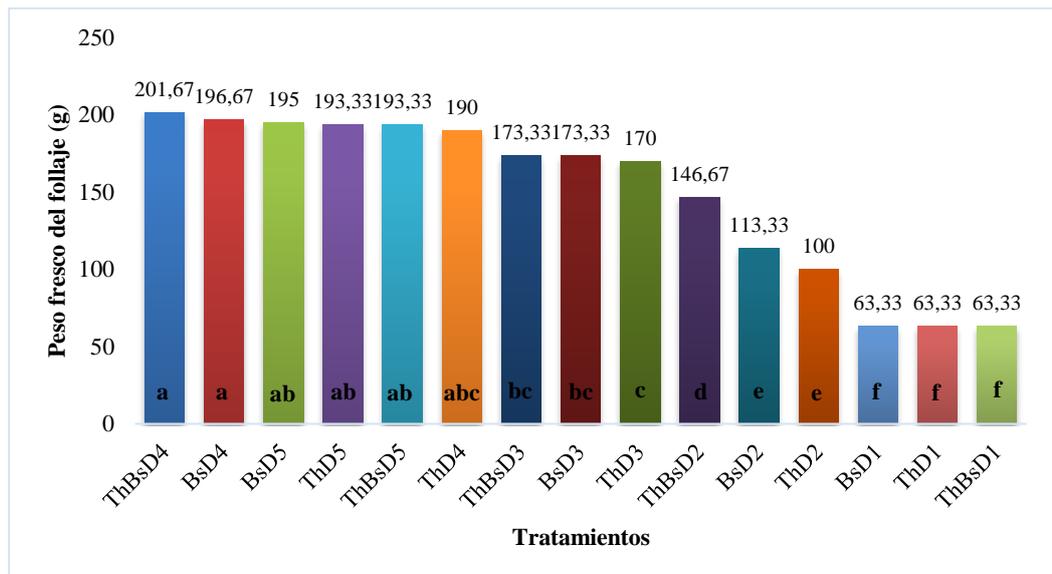
12), donde la dosis de fertilizante al 75% (0,43g) se ubicó en el primer rango (a) con una media de 196,11 g para peso fresco y 55,25 g para peso seco, mientras que las plantas tratadas con una dosis de fertilizante al 0% (sin fertilizante) se ubicó en el cuarto rango (d) con una media de 63,33 g para peso fresco y en el tercer rango (c) con una media de 36,75 g para peso seco.



**Ilustración 4-12** Peso fresco y seco del follaje con las dosis de fertilizante aplicados

Realizado por: Mogro, J., 2024.

La interacción de factores (bioproducto\*dosis de fertilizante) la prueba Tukey al 5% para la variable peso fresco del follaje a los 45 ddt mostró seis rangos de significancia (Ilustración 4-13), donde el tratamiento T14 (*T. harzianum* + *B. subtilis* 0,43g) se ubicó en el primer rango (a) con una media de 201,67 g. Por otro lado el tratamiento T11 (*T. harzianum* + *B. subtilis* sin fertilizante) se ubicó en el sexto rango (f) con una media de 63,33 g.



Th: *Trichoderma harzianum* Bs: *Bacillus subtilis* D1: dosis de fertilizante (0%) D2: dosis de fertilizante (25%) D3: dosis de fertilizante (50%) D4: dosis de fertilizante (75%) D5: dosis de fertilizante (100%)

**Ilustración 4-13** Peso fresco del follaje (interacción de factores)

Realizado por: Mogro, J., 2024.

#### 4.5 Días a la cosecha

El análisis de varianza correspondiente a la variable días a la cosecha mostró diferencias altamente significativas ( $P < 0,01$ ) para el factor bioproducto y dosis de fertilizante. Mientras que la interacción de ambos factores (bioproducto\*dosis de fertilizante) no presentó diferencias significativas ( $P > 0,05$ ). El coeficiente de variación de fue de 0,45%. (Tabla 4-5).

**Tabla 4-6** ANOVA para la variable días a la cosecha

Fuente de variación	Cuadrados medios				
	GL	SC	CM	F	p-valor
<b>Bioproducto</b>	2	26,17	13,09	300,75	<0,0001 **
<b>Dosis de fertilizante</b>	4	6,81	1,70	39,13	<0,0001 **
<b>Bioproducto*Dosis fertilizante</b>	8	0,34	0,04	0,98	0,4715 ns
<b>Bloque</b>	2	0,12	0,06	1,42	0,2576 ns
<b>Error</b>	28	1,22	0,04		
<b>Total</b>	44	34,67			
<b>CV (%)</b>	0,45%				

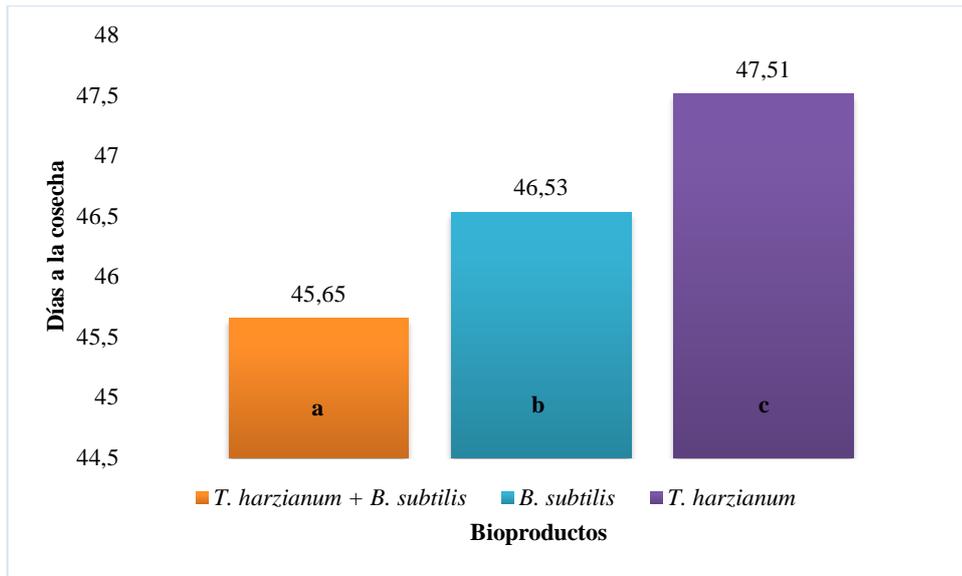
p-valor > 0,05 y >0,01 ns. No significativo

p-valor < 0,05 y >0,01 \*. Significativo

p-valor < 0,05 y <0,01 \*\*. Altamente significativo

**Realizado por:** Mogro, J., 2024.

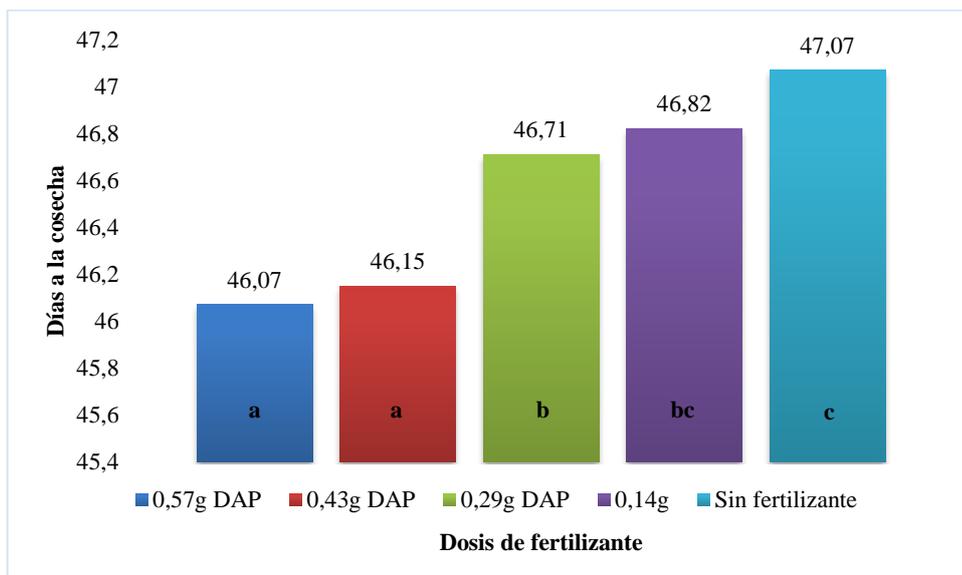
La prueba Tukey al 5% para la variable días a la cosecha para el factor bioproducto mostró tres rangos de significancia (Ilustración 4-14), donde *T. harzianum* + *B. subtilis* se ubicó en el primer rango (a) con una media de 45,65 días. Las plantas tratadas con *B. subtilis* se ubicaron en el rango (b) con una media de 46,53 días mientras que, las plantas tratadas con *T. harzianum* se ubicaron en el tercer rango (c) con una media de 47,51 días.



**Ilustración 4-14:** Días a la cosecha de las plantas con los bioproductos aplicados

Realizado por: Mogro, J., 2024.

En el factor dosis de fertilizante la prueba Tukey al 5% para la días a la cosecha mostró tres rangos de significancia (Ilustración 4-15), donde las plantas tratadas con una dosis de fertilizante al 100% (0,57g) y al 75% (0,43g) se ubicó en el primer rango (a) medias de 46,07 y 46,15 días. Las plantas tratadas con una dosis de fertilizante al 50% (0,29g) obtuvo una media de 46,71 días las plantas tratadas con una dosis de fertilizante al 25% (0,14g) se ubicó en el rango (bc) con una media de 46,82 días. Por otro lado, las plantas tratadas con una dosis de fertilizante al 0% (sin fertilizante) se ubicó en el tercer rango (c) con una media de 47,07 días.



**Ilustración 4-15** Días a la cosecha de las plantas con dosis de fertilizante aplicados

Realizado por: Mogro, J., 2024.

#### 4.6 Relación beneficio/costo

A continuación, se presentan los datos obtenidos del beneficio/costo en el ensayo implementado:

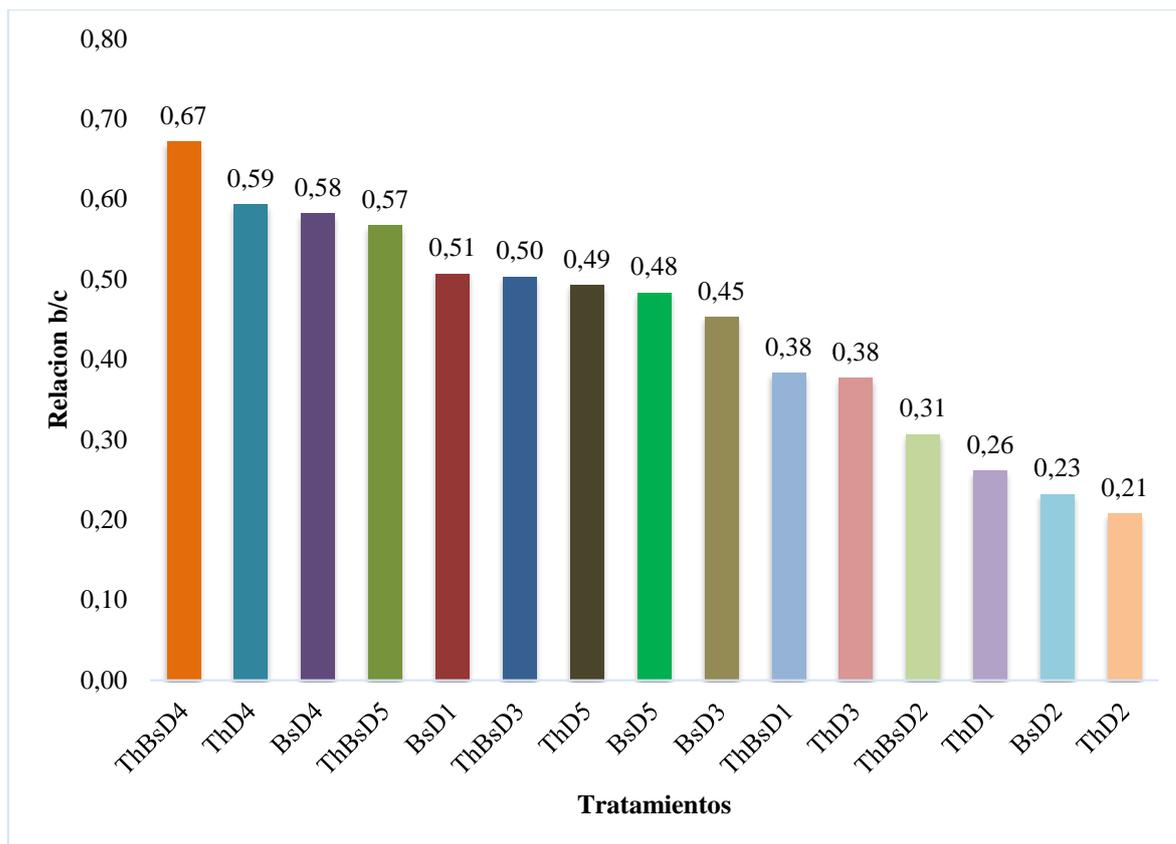
**Tabla 4-7** Relación beneficio/costo en la producción de lechuga del ensayo

Tratamiento	Descripción	Beneficio/Costo	Rentabilidad (%)
T14	ThBsD4	0,67	67,22
T4	ThD4	0,59	59,34
T9	BsD4	0,58	58,23
T15	ThBsD5	0,57	56,75
T6	BsD1	0,51	50,74
T13	ThBsD3	0,50	50,33
T5	ThD5	0,49	49,31
T10	BsD5	0,48	48,34
T8	BsD3	0,45	45,33
T11	ThBsD1	0,38	38,34
T3	ThD3	0,38	37,73
T12	ThBsD2	0,31	30,68
T1	ThD1	0,26	26,13
T7	BsD2	0,23	23,26
T2	ThD2	0,21	20,79

Th: *Trichoderma harzianum* Bs: *Bacillus subtilis* D1: dosis de fertilizante (0%) D2: dosis de fertilizante (25%) D3: dosis de fertilizante (50%) D4: dosis de fertilizante (75%) D5: dosis de fertilizante (100%)

**Realizado por:** Mogro, J., 2024.

Según el análisis económico, el tratamiento ThBsD4 (*T. harzianum* + *B. subtilis* 0,43g DAP) presentó un beneficio/costo de 0,67 ctvs con una rentabilidad del 67,22%, mientras que el tratamiento ThD2 (*T. harzianum* 0,14g DAP) obtuvo un beneficio costo de 0,21 ctvs siendo este el menos rentable con un 20,79%.



Th: *Trichoderma harzianum* Bs: *Bacillus subtilis* D1: dosis de fertilizante (0%) D2: dosis de fertilizante (14%) D3: dosis de fertilizante (29%) D4: dosis de fertilizante (75%) D5: dosis de fertilizante (100%)

**Ilustración 4-16** Relación beneficio/costo

Realizado por: Mogro, J., 2024.

**4.7 Discusiones**

El tratamiento que presentó una mayor altura fue la combinación de *T. harzianum* + *B. subtilis* con una dosis de fertilizante del 75% (0,43g) alcanzando una altura promedio de 19,15 cm a los 45 ddt.

Relacionando los datos que se obtuvieron en este trabajo de investigación con los que obtuvieron Moreira y Santana, (2022 pág. 24) se ha demostrado, que en efecto, las plantas que son inoculadas con la combinación de *T. harzianum* + *B. subtilis* presentan un mayor desarrollo vegetativo (28,94 cm) en plántulas de balsa, también se ha encontrado que la incorporación de un fertilizante químico aumenta el potencial de crecimiento de las plantas, esto lo demuestra Rosero (2022 pág. 23) al evaluar la altura de las plantas de lechuga obteniendo una altura de 22,37 cm con una fertilización completa (NPK).

Según León et al., (2022 págs. 1-14) tanto *Trichoderma* spp. y *Bacillus* spp. promueven el desarrollo radicular y favorecen el desarrollo vegetativo de las plantas fijando nitrógeno y solubilizando fosfatos, también aumentan la disponibilidad de nutrientes y micronutrientes como hierro, manganeso y magnesio.

De igual manera para la variable número de hojas, el bioproducto que presentó un mayor promedio de número de hojas fue la combinación de *T. harzianum* + *B. subtilis* con 17,81 hojas/planta con una dosis de fertilizante del 75% (0,43g) alcanzando 18,92 hojas/planta a los 45 ddt.

Relacionando los datos obtenidos con Romero (2022 pág. 28) se puede observar que la inoculación de microorganismos (*Bacillus subtilis* MC1(3) y *Trichoderma* sp.) presentó promedios de 10,8 hojas/planta en plántulas de maracuyá por la acción promotora de crecimiento de los microorganismos. De igual manera Vecilla (2022 pág. 28) reporta incrementos significativos en el número de hojas de lechuga utilizando una solución nutritiva (química) de 50g/litro obteniendo un mayor promedio de hojas/planta con un total de 21,22.

Según Larriba (2018 pág. 13) *Trichoderma harzianum* y *Bacillus subtilis* son microorganismos asimiladores de los fertilizantes presentes en el suelo ejerciendo efectos benéficos en el crecimiento de las plantas, además también pueden estimular el crecimiento por acción de fitohormonas como auxinas y citoquininas, hormonas que promueven el crecimiento de segmentos apicales y estimulan la división celular.

El bioproducto que presentó un mayor promedio en peso fresco de la raíz fue la combinación de *T. harzianum* + *B. subtilis* con 35,40 g con una dosis de fertilizante del 75% (0,43g) alcanzando 37,44 g.

Según Moreira y Santana (2022 pág. 27) en su trabajo de investigación obtuvieron promedios de 13,28g utilizando la combinación de *T. harzianum* + *B. subtilis*, mostrando mayor incremento en el peso de la raíz en comparación a otros biotratamientos utilizados en el cultivo de muestra balsa a los 60 días. De igual manera en el trabajo realizado por Sepúlveda (2021 págs. 59-60) se observa que al utilizar una fertilización organomineral (Mo+minerales) fraccionada en tres aplicaciones (30-40-30) obtiene un mayor promedio de 14,7 g/planta a los 63 ddt en el cultivo de lechuga var. crespa.

Para la variable peso seco de la raíz el mejor tratamiento fue ThBsD4 (*T. harzianum* + *B. subtilis* 0,43g) reflejando un mayor promedio de 7,37 g siendo este el mejor en comparación con los demás tratamientos.

Al relacionar los datos que obtuvo Barroso et al., (2019 pág. 65) se observó que la inoculación de los microorganismos promotores de crecimiento en plantas de perejil en condiciones de vivero ejerce efectos positivos en la biomasa seca de la raíz. De igual manera Herrera et al., (2023 págs 113-123) obtiene para la biomasa seca de la raíz promedios de 6,34 g y 8,03 g utilizando una solución nutritiva con una proporción de 35:45:20 (NPK).

Según Wang et al., (2018 pág. 226) reportan que la aplicación de *T. harzianum* y *B. subtilis* incrementan el número y longitud de raíces lo que permite una mejor asimilación de los nutrientes promoviendo el crecimiento vegetativo y radicular de las plantas. Además Kariuki et al., (2020 pág. 3) menciona que las plantas inoculadas con microorganismos benéficos tienen la habilidad de inducir resistencia sistémica liberando sustancias como proteínas con actividad enzimática y actúan como activadores de los mecanismos de defensa de la planta.

El tratamiento que presentó un mayor peso fresco del follaje fue ThBsD4 (*T. harzianum* + *B. subtilis* 0,43g) obteniendo un promedio de 201,67 g.

En el trabajo realizado por Lizano (2020 págs. 47) se observó que la aplicación de *Trichoderma harzianum* en el cultivo de lechuga var. sementel presentó un promedio de 132,97 g. Por otro lado Quishpe (2022 pág. 40) se observó que utilizando *Bacillus subtilis* incorporado con lombricompost obtuvo un promedio de 48,48 g siendo el mejor de los tratamientos. Sin embargo Rosero (2022 pág. 28) mediante la aplicación de fertilización química NPK obtuvo un promedio de 153,83 g.

El bioproducto que presentó un mayor promedio en peso seco del follaje fue la combinación de *T. harzianum* + *B. subtilis* con 52,66 g con una dosis de fertilizante del 75% (0,43g) alcanzando 55,25 g.

Según Díaz et al., (2020 pág. 199) en su trabajo de investigación obtuvieron promedios de 2,37 g utilizando *T. harzianum* y bioestimulantes en plántulas de maracuyá. Por otro lado Galvis (2021 pág. 52) manejó dos tipos de fertilización foliar y edáfica con *Trichoderma harzianum* donde obtuvo un promedio en peso seco en lechuga de 7,57 con una fertilización foliar de 200 µM mientras que con una fertilización edáfica de 0 µM obtuvo un promedio de 6,79 g.

Según Pani et al., (2021 pág. 34) la fusión de microorganismos y fertilizantes (biofertilizantes) mejoran la producción del cultivo principalmente por su capacidad de descomponer las moléculas orgánicas presentes en el suelo y ponerlas a disposición de las plantas para una absorción efectiva, reduciendo la necesidad de fertilizantes convencionales como NPK, promoviendo la solubilización del fosfato en el suelo y mejorando la absorción de micronutrientes.

Para la realización del análisis beneficio/costo se tomó en cuenta los costos de producción del trabajo de investigación como: costos de materiales, fertilización, y microorganismos utilizados. El tratamiento que generó un mayor B/C por cada 0,42 ctvs de inversión es la combinación de *T. harzianum* + *B. subtilis* con una dosis de fertilizante del 75%, esto se debe a que las plantas tratadas con ThBsD4 obtuvieron un mejor desarrollo y características morfológicas visualmente comerciáveis obteniendo una rentabilidad del 41,89%.

El bioproducto que presentó precocidad a los días de cosecha fue la combinación de *T. harzianum* + *B. subtilis* con 45,65 días con una dosis de fertilizante del 75% (0,43g).

## CONCLUSIONES

El tratamiento ThBsD4 (*Trichoderma harzianum* + *Bacillus subtilis* 0,43g) obtuvo los mejores resultados en las variables altura, número de hojas, peso fresco y seco, tanto de la raíz y el follaje de las plantas en relación con el resto de tratamientos, debido a que se alcanzó una altura media de 19,15 cm, un promedio de número de hojas de 18,35 hojas/planta, un peso fresco y seco de la raíz promedio de 36,42 y 7,37 g respectivamente, mientras que para un peso fresco y seco del follaje promedio de 201,67 y 53,96 g respectivamente, por otro lado, la combinación de *Trichoderma harzianum* + *Bacillus subtilis* muestra mayor precocidad con dosis del 100% (0,57g) y el 75% (0,43g) con medias de 45,86 y 45,9 días respectivamente.

El análisis económico para el cultivo de lechuga var. cresspa no resultó factible dado que el valor de B/C resultó  $<1$ , es decir, ninguno de los tratamientos aplicados  $>1$ . El mayor resultado de B/C fue el tratamiento compuesto por *Trichoderma harzianum* + *Bacillus subtilis* a una dosis de fertilizante del 75% (0,43g) obteniendo un B/C de 0,67 centavos.

## **RECOMENDACIONES**

Aplicar la combinación de bioformulados líquidos con fertilizante químico identificado con el mayor efecto en el crecimiento y desarrollo de lechuga ThBsD4 (*Trichoderma harzianum* + *Bacillus subtilis* 0,43g) para maximizar el rendimiento de las plantas y la rentabilidad de este.

Manejar la combinación de *Trichoderma harzianum* + *Bacillus subtilis* con fuentes diferentes de fertilización tanto química como orgánica para evaluar el efecto que esta produce en diferentes cultivos.

## **GLOSARIO**

**EXCIPIENTES:** sustancia inerte que sirve para la formulación de productos fitosanitarios como insecticidas, herbicidas fungicidas o fertilizantes.

**LIXIVIACIÓN:** eliminación de sustancias solubles como arcillas, sales y humus provocado por el movimiento del agua en el suelo.

**PROLIFERACIÓN:** crecimiento o propagación de plantas o microorganismos en un entorno agrícola teniendo efectos negativos o positivos dependiendo de las condiciones específicas de la especie en cuestión.

**RESISTENCIA SISTEMICA INDUCIDA:** reconocimiento de un invasor y transducción de señales que se activan en las plantas tras tratamiento con productos químicos u orgánicos.

**SUSPOEMULSIONES:** son una combinación de concentraciones de suspensiones y emulsiones acuosas utilizados para combinar ingredientes activos con propiedades físicas diferentes en una formulación.

## BIBLIOGRAFÍA

1. **ADOKO, Marcel; et al.** “Bioformulations based on plant growth promoting rhizobacteria for sustainable agriculture: Biofertilizer or Biostimulant?” *African Journal of Agricultural Reserch*. [en línea], 2021, vol. 17 (9), págs. 1256-1260. [Consulta: 12 noviembre 2023]. ISSN 1991-637X. Disponible en: <https://academicjournals.org/journal/AJAR/article-full-text-pdf/7B3F18467817>
2. **ARORA, Naveen; et al.** “Multifaceted Plant-Associated Microbes and Their Mechanisms Diminish the Concept of Direct and Indirect PGPRs” [en línea], 2013, (India), págs. 411-449. [Consulta: 25 octubre 2023]. ISBN 978-81-322-1287-4. Disponible en: [https://doi.org/10.1007/978-81-322-1287-4\\_16](https://doi.org/10.1007/978-81-322-1287-4_16)
3. **BÁEZ, Francisco; et al.** *Manual De Análisis De Calidad Para Formulaciones Con Base En Hongos Biocontroladores* [en línea]. Manual N°112. Quito, Ecuador: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina 2019. [Consulta: 22 octubre 2023]. Disponible en: <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5553>
4. **BARRIOS, Dario; et al.** “Evaluación de la residualidad de nitratos en lechuga (*Lactuca sativa* L.) regadas con distintas concentraciones del anión”. *Redalyc* [en línea]. 2022, (Argentina) vol. 43 (3), págs. 1-6 [Consulta: 29 octubre 2023]. ISSN 0258-5936. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/1932/193275342011/movil/>
5. **BARROSO, Franciely; et al.** “Growth Promotion of Parsley (*Petroselinum crispum* L.) using commercial strains of *Trichoderma* spp”. *Journal of Agricultural Science*. [En línea], 2019, vol. 11, (4), pág. 493 [Consulta: 23 febrero 2024]. ISSN 1916-9760 Disponible en: <https://ccsenet.org/journal/index.php/jas/article/view/0/38758>
6. **BENJEMUDA, Daniel.** Bacterias Promotoras Del Crecimiento Vegetal: Mecanismos y Aplicaciones. [En línea]. (Trabajo de titulación). (Tesis de pregrado). Universidad de Sevilla, Facultad de Farmacia. Sevilla-España. 2017 pág.7 [Consulta: 21 octubre 2023]. Disponible en: <https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/65140/BENJUMEA%20MU%c3%91OZ%2c%20DANIEL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
7. **BERENJANO, Ana & PUOPOLO, Gerardo.** “Bioformulation of Microbial Biocontrol Agents for a Sustainable Agriculture”. *Sprnger*. [En línea], 2020, vol. 21, págs. 275-293

- [Consulta: 12 noviembre 2023]. ISSN 978-3-030-53238-3. Disponible en: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-53238-3\\_16#citeas](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-53238-3_16#citeas)
8. **BHATT, Manoj; et al.** “Influence of Long-term Chemical fertilizers and Organic Manures on Soil Fertility – A Review.” *Universal Journal of Agricultural Research*. [En línea], 2019, vol. 7 (5), págs. 177-188 [Consulta: 12 noviembre 2023]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/profile/Hem-Joshi-3/publication/336134493\\_Influence\\_of\\_Long-term\\_Chemical\\_fertilizers\\_and\\_Organic\\_Manures\\_on\\_Soil\\_Fertility\\_-\\_A\\_Review/links/5d91c275458515202b749fc7/Influence-of-Long-term-Chemical-fertilizers-and-Organic-Manures-on-Soil-Fertility-A-Review.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Hem-Joshi-3/publication/336134493_Influence_of_Long-term_Chemical_fertilizers_and_Organic_Manures_on_Soil_Fertility_-_A_Review/links/5d91c275458515202b749fc7/Influence-of-Long-term-Chemical-fertilizers-and-Organic-Manures-on-Soil-Fertility-A-Review.pdf)
  9. **BHATTA, Sphiya.** “Influence of organic fertilizer on growth yield and quality of lettuce (*Lactuca sativa* L.): A review”. *The Pharma Journal* [En línea], 2022, (India), págs. 1-5 [Consulta: 25 octubre 2023]. ISSN 2277-7695. Disponible en: <https://www.thepharmajournal.com/archives/2022/vol11issue6/PartO/11-5-246-856.pdf>
  10. **BLAKE, Christopher; et al.** “Molecular Aspects of Plant Growth Promotion and Protection by *Bacillus subtilis*” *APS Journal* [En línea], 2021, (Dinamarca), vol. 34, (1), págs. 15-25 [Consulta: 24 octubre 2023]. Disponible en: <https://apsjournals.apsnet.org/doi/full/10.1094/MPMI-08-20-0225-CR#>
  11. **BOYD, Claude.** El nitrógeno y el fósforo son importantes promotores de la productividad. *Global Seafood Alliance*. [En línea]. 2022. [Consulta: 15 noviembre 2023]. Disponible en: [https://www.globalseafood.org/advocate/propiedades-de-fertilizantes-comerciales/#:~:text=La%20composici%C3%B3n%20de%20los%20fertilizantes,potasio%20\(K2O\).](https://www.globalseafood.org/advocate/propiedades-de-fertilizantes-comerciales/#:~:text=La%20composici%C3%B3n%20de%20los%20fertilizantes,potasio%20(K2O).)
  12. **DÍAZ, Gabriel; et al.** “Efecto de la aplicación de bioestimulantes y *Trichoderma* sobre el crecimiento en plántulas de maracuyá (*Passiflora edulis* Sims) en vivero” *Bioagro*. [En línea], 2020, vol. 32, (3), págs. 195-204 [Consulta: 26 febrero 2024]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7901981.pdf>
  13. **FINTRAC.** *Manual de Producción de Lechuga* [En línea]. Boletín Técnico de Producción #27. Canadá 2002. [Consulta: 20 octubre 2023]. Disponible en:

[http://bvirtual.infoagro.hn/xmlui/bitstream/handle/123456789/65/CDA\\_Fintrac\\_Manual\\_Produccion\\_Lechuga\\_02-04.PDF?sequence=1](http://bvirtual.infoagro.hn/xmlui/bitstream/handle/123456789/65/CDA_Fintrac_Manual_Produccion_Lechuga_02-04.PDF?sequence=1)

14. **GALVIS, Ivan.** Control de la podredumbre del cuello en lechuga mediante el uso de cepas de *Trichoderma* spp., ácido salicílico y su combinación como herramientas de manejo integrado de la enfermedad. [En línea]. (Trabajo de titulación). (Tesis de postgrado). Universidad Nacional de la Plata, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. La Plata-Argentina. 2021 págs. 51-54 [Consulta: 26 febrero 2024]. Disponible en: [https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/127017/Documento\\_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/127017/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
15. **GODOY, Paulo; et al.** *Principales plagas y enfermedades en lechuga, tomate y cebolla.* [En línea]. Boletín N° 138. La Pintana-Chile: INIA, 2018. [Consulta: 31 octubre 2023]. Disponible en: [https://bibliotecadigital.fia.cl/bitstream/handle/20.500.11944/146443/Manualdecampoprincipalesplagasyenfermedadestomatelechugacebolla\\_BolINIA388.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://bibliotecadigital.fia.cl/bitstream/handle/20.500.11944/146443/Manualdecampoprincipalesplagasyenfermedadestomatelechugacebolla_BolINIA388.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
16. **GONZÁLES, Laura & ZEPEDA, Adán.** Rendimiento de cinco variedades de lechuga *Lactuca sativa* L. tipo gourmet ciclo primavera-verano. [En línea]. (Trabajo de titulación). (Tesis de pregrado). Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Facultad de Agronomía y Veterinaria. San Luis Potosí-México. 2013 págs. 3-11 [Consulta: 19 octubre 2023]. Disponible en: <https://repositorioinstitucional.uaslp.mx/xmlui/bitstream/handle/i/3477/IAF1GOU01301.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
17. **GOUTAM, Hazra.** “Different Types of Eco-Friendly Fertilizers: An Overview” *Scholink Journals* [En línea], 2016, (India), vol. 1, (1), págs. 54-70 [Consulta: 22 octubre 2023]. ISSN 2470-6388. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/268085799.pdf>
18. **HERRERA, Alfredo; et al.** “Producción de lechuga (*Lactuca sativa*) con cinco proporciones de macronutrientes en solución nutritiva” *BioAgro* [En línea], 2023, vol. 35, (2), págs. 113-123 [Consulta: 08 febrero 2024]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8931921>

19. **ILALI, Haroon; et al.** “Accentuating the Impact of Inorganic and Organic Fertilizers on Agriculture Crop Production: A review” *Indian Journal of Pure & Applied Biosciences* [En línea], 2021, (Pakistán), vol. 9, (1), págs. 36-45 [Consulta: 22 octubre 2023]. ISSN 2582-2845. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/348835278\\_Accentuating\\_the\\_Impact\\_of\\_Inorganic\\_and\\_Organic\\_Fertilizers\\_on\\_Agriculture\\_Crop\\_Production\\_A\\_Review](https://www.researchgate.net/publication/348835278_Accentuating_the_Impact_of_Inorganic_and_Organic_Fertilizers_on_Agriculture_Crop_Production_A_Review)
20. **HAIFA.** Fertilizantes químicos: ventajas y desventajas. *HAIFA GROUP*. [En línea]. 2022. [Consulta: 22 octubre 2023]. Disponible en: <https://www.haifa-group.com/es/haifa-blog/fertilizantes-qu%C3%ADmicos-ventajas-y-desventajas>
21. **HAKIM, Sughra; et al.** “Rhizosphere Engineering With Plant Growth-Promoting Microorganisms for Agriculture and Ecological Sustainability”. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. [En línea], 2021, vol. 5, (617157), págs. 1-23 [Consulta: 15 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fsufs.2021.617157/full>
22. **HASHEM, Abeer; et al.** “*Bacillus subtilis*: A plant-growth promoting rhizobacterium that also impacts biotic stress”. *Saudi Journal of Biological Sciences*. [En línea], 2019, vol. 26, (6), págs. 1291-1297 [Consulta: 12 noviembre 2023]. ISSN 1319-562X. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1319562X19300890>
23. **HERNÁNDEZ, Dulce; et al.** “Trichoderma: Importancia Agrícola, Biotecnológica, Y Sistemas De Fermentación Para Producir Biomasa Y Enzimas De Interés Industrial”. *Chilean Journal Of Agricultural & Animal Sciences*. [En línea], 2019, (Pakistán), vol. 35, (1), págs. 98-112 [Consulta: 15 septiembre 2023]. ISSN 0719-3890. Disponible en: [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0719-38902019000100098](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0719-38902019000100098)
24. **INFOAGRO.** El Cultivo De La Lechuga. *INFOAGRO*. [En línea] 2018. [Consulta: 19 septiembre 2023]. Disponible en: <https://www.infoagro.com/hortalizas/lechuga.htm>.
25. **JARAMILLO, Jorge; et al.** *Modelo tecnológico para el cultivo de lechuga en el Oriente Antioqueño*. [En línea]. Mosquera-Colombia: Corpoica, 2014. [Consulta: 20 septiembre 2023]. Disponible en: [https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/13758/75472\\_65800.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/13758/75472_65800.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

26. **KARIUKI, Caroline; et al.** “Effect of *Bacillus* and *Trichoderma* species in the management of the bacterial wilt of tomato (*Lycopersicon esculentum*) in the field”. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*. [En línea], 2020, vol. 30, (1), págs. 1-8 [Consulta: 24 febrero 2024]. Disponible en: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1186/s41938-020-00310-4.pdf>
27. **LARRIBA, José.** *Trichoderma harzianum* y *Bacillus subtilis* Promotores del desarrollo en plántulas de caña de azúcar de cultivo de tejidos. [En línea]. (Trabajo de titulación). (Tesis de postgrado). Colegio de Postgraduados. Amatlán de los Reyes-Veracruz. 2018 pág. 33 [Consulta: 23 febrero 2024]. Disponible en: [http://colposdigital.colpos.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/10521/3255/Larriba\\_Teodoro\\_JL\\_MC\\_Innovacion\\_Agroalimentaria\\_Sustentable\\_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://colposdigital.colpos.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/10521/3255/Larriba_Teodoro_JL_MC_Innovacion_Agroalimentaria_Sustentable_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
28. **LEÓN, Yared; et al.** “*Bacillus subtilis* y *Trichoderma*: Características generales y su aplicación en la agricultura”. *TIP Revista Especializada En Ciencias Químico-Biológicas*. [En línea], 2023, vol. 25, (1), págs. 1-14 [Consulta: 22 febrero 2024]. ISSN 2395-8723. Disponible en: [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-888X2022000100318](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-888X2022000100318)
29. **LIZANO, Dixie.** Cultivo hidropónico NFT de lechuga (*Lactuca sativa* L.: Asteraceae) con diferentes cultivares, soluciones nutritivas y microorganismos benéficos en ambiente protegido en Santa Clara, San Carlos. [En línea]. (Trabajo de titulación). (Tesis de postgrado). Instituto Tecnológico de Costa Rica. Campus Tecnológico Local San Carlos. San Carlos-Costa Rica. 2020 págs. 38-43 [Consulta: 25 febrero 2024]. Disponible en: [https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/12244/cultivo\\_hidrop%c3%b3nico\\_nft\\_lechuga\\_lactuca.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/12244/cultivo_hidrop%c3%b3nico_nft_lechuga_lactuca.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
30. **MARTÍNEZ, Byron.** Evaluación Del Biosólido Generado En La Producción De Biogás, Como Biofertilizante En El Cultivo De Lechuga (*Lactuca sativa*). [En línea]. (Trabajo de titulación). (Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Cevallos-Ecuador. 2019 págs. 8-12 [Consulta: 29 octubre 2023]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/29476/1/Tesis-229%20%20Ingenier%c3%ada%20Agron%c3%b3mica%20-CD%20630.pdf>
31. **MOREIRA, Daniela & SANTANA, Pamela.** Efecto de biofertilizantes y biochar sobre el crecimiento inicial y calidad de plántulas de balsa (*Ochroma pyramidale*). [En línea]. (Trabajo de titulación). (Tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de

- Manabí Manuel Félix López. Cevallos-Ecuador. 2022 págs. 24-25 [Consulta: 22 febrero 2024]. Disponible en: [https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/1880/1/TIC\\_A16D.pdf](https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/1880/1/TIC_A16D.pdf)
32. **NAVARRO, Ginés & NAVARRO, Simón.** *Fertilizantes: Química y Acción*. Madrid-España: MundiPrensa, 2023. ISBN: 978-84-8476-763-3, pág. 47.
33. **PANI, Saishubham; et al.** “*Trichoderma harzianum*: An overview.” *Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Science* [En línea]. 2021, vol. 10 (6), págs. 32-39. [Consulta: 22 octubre 2023]. ISSN 2277-1808. Disponible en: [https://www.researchgate.net/profile/Adarsh-Sharma-8/publication/354022710\\_Trichoderma\\_harzianum\\_An\\_Overview/links/611f6789169a1a010312512c/Trichoderma-harzianum-An-Overview.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Adarsh-Sharma-8/publication/354022710_Trichoderma_harzianum_An_Overview/links/611f6789169a1a010312512c/Trichoderma-harzianum-An-Overview.pdf)
34. **PEREIRA, Fabiola; et al.** “Growth promotion and productivity of lettuce using *Trichoderma* spp. commercial strains. *Horticultura Brasileira*. [En línea], 2019, vol. 37, págs. 69-74 [Consulta: 04 febrero 2024]. ISSN 0102-0536. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/hb/a/QmPGxLCkrnynNbCgGNhDrdB/?format=pdf&lang=en>
35. **PÉREZ, Alfredo.** Dosis de guano de islas y potasio en el rendimiento de lechuga (*Lactuca sativa* L.) var. Great Lakes. Canaán, 2750 m.s.n.m. Ayacucho. [En línea]. (Trabajo de titulación). (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Facultad de Ciencias Agrarias. Ayacucho-Perú. 2021. pág. 5 [Consulta: 29 octubre 2023]. Disponible en: [http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/UNSCH/4931/1/TESIS%20AG1289\\_Per.pdf](http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/UNSCH/4931/1/TESIS%20AG1289_Per.pdf)
36. **PUETATE, Luis.** Alternativas de fertilización para el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) con el empleo de micorrizas, microorganismos solubilizadores de fósforo y biol de producción local en El Ejido, Montúfar, Carchi. [En línea]. (Trabajo de titulación). (Tesis de doctorado). Universidad Politécnica Estatal del Carchi, Facultad de Industrias Agropecuarias y Ciencias Ambientales. Tulcán-Ecuador. 2019. pág. 5 [Consulta: 22 febrero 2024]. Disponible en: <http://repositorio.upec.edu.ec/bitstream/123456789/764/1/348%20Alternativas%20de%20fertilizaci%3bn%20para%20el%20cultivo%20de%20papa%20-%20Mont%3bfar.pdf>

37. **QUISHPE, Andrea.** Efecto del lombricompost enriquecido con tres fuentes adicionales sobre el desarrollo de lechuga (*Lactuca sativa* L.). [En línea]. (Trabajo de titulación). (Tesis de postgrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales. Riobamba-Ecuador. 2022 págs. 38-45 [Consulta: 25 febrero 2024]. Disponible en: <http://dspace.epoch.edu.ec/bitstream/123456789/17444/1/13T01017.pdf>
38. **RAWAT, Pratibha; et al.** “Phosphate-Solubilizing Microorganisms: Mechanism and Their Role in Phosphate Solubilization and Uptake”. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* [En línea], 2021, vol. 21, págs. 49-68 [Consulta: 15 noviembre 2023]. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s42729-020-00342-7>
39. **REINOSO, Kevin.** Desarrollo morfofisiológico y productivo de dos variedades de lechuga (*Lactuca sativa*) con diferentes distancias de plantación en las condiciones del centro de investigación, posgrado, y conservación amazónica (CIPCA), provincia de Napo. [En línea]. (Trabajo de titulación). (Tesis de pregrado). Universidad Estatal Amazónica, Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Puyo-Ecuador. 2021. pág. 20 [Consulta: 04 febrero 2024]. Disponible en: <https://repositorio.uea.edu.ec/bitstream/123456789/591/1/T.AGROP.B.UEA.1118.pdf>
40. **ROMERO, Fernanda.** Evaluación de la capacidad promotora de crecimiento del cultivo de *Bacillus* sp y *Trichoderma* sp, en plántulas de maracuyá (*Passiflora edulis f. flavicarpa*). [En línea]. (Trabajo de titulación). (Tesis de pregrado). Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Agrarias Guayaquil-Ecuador. 2021. págs.74-78 [Consulta: 24 febrero 2024]. Disponible en: <https://repositorio.ug.edu.ec/server/api/core/bitstreams/7ce58737-6456-4275-adf9-9b86c06f9f3d/content>
41. **ROSERO, Miguel.** Evaluación agronómica del cultivo de lechuga (*Lactuca astiva* L.) con aplicación de NPK y ácido húmico en el cantón Urdaneta provincia de Los Ríos. [En línea]. (Trabajo de titulación). (Tesis de pregrado). Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Agrarias Guayaquil-Ecuador. 2022. págs. 25-27 [Consulta: 22 febrero 2024]. Disponible en: <https://repositorio.ug.edu.ec/server/api/core/bitstreams/5e577b72-b969-41fa-8102-27ed20da02b7/content>
42. **SAAVEDRA, Gabriel; et al.** *Manual de producción de lechuga*. [En línea]. Santiago-Chile: INIA, 2017. [Consulta: 29 octubre 2023]. Disponible en:

[https://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/20.500.13082/29500/INIA\\_Libro\\_0051.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/20.500.13082/29500/INIA_Libro_0051.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

43. **SALINAS, Cristian.** Introducción de Cinco Variedades de Lechuga (*Lactuca Sativa* L.) en el barrio Santa Fe de la Parroquia Atahualpa en el Cantón Ambato. [En línea]. (Trabajo de titulación). (Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Ambato-Ecuador. 2013. pág. 4 [Consulta: 19 septiembre 2023]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/6491/1/Tesis-63%20%20%20Ingenier%c3%ada%20Agron%c3%b3mica%20-CD%20204.pdf>
44. **SÁNCHEZ, María; et al.** “Identificación Morfológica y Molecular de Especies Autóctonas *Trichoderma spp.* Aisladas de Suelos de Importancia Agrícola”. *Revista de Ciencia y Tecnología El Higo*. [En línea]. 2021, vol. 11, (1), págs. 26-42 [Consulta: 12 noviembre 2023]. ISSN 2413-1911. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/352668095\\_Identificacion\\_morfolologica\\_y\\_molecular\\_de\\_especies\\_autoctonas\\_trichoderma\\_spp\\_aisladas\\_de\\_suelos\\_de\\_importancia\\_agricola](https://www.researchgate.net/publication/352668095_Identificacion_morfolologica_y_molecular_de_especies_autoctonas_trichoderma_spp_aisladas_de_suelos_de_importancia_agricola)
45. **SCHOCH, Conrad.** NCBI Taxonomy: a comprehensive update on curation, resources and tools. *NCBI Taxonomy*. [En línea] 2020. [Consulta: 22 octubre 2023]. Disponible en: [https://www.ncbi.nlm.nih.gov/Taxonomy/Browser/wwwtax.cgi?mode=Info&id=5544&lvl=3&p=has\\_linkout&p=blast\\_url&p=genome\\_blast&lin=f&keep=1&srchmode=1&unlock](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/Taxonomy/Browser/wwwtax.cgi?mode=Info&id=5544&lvl=3&p=has_linkout&p=blast_url&p=genome_blast&lin=f&keep=1&srchmode=1&unlock).
46. **SEPÚLVEDA, Gabriela.** Evaluación de la respuesta de lechuga (*Lactuca sativa*). Cv. Crespa verde a diferentes fuentes de fertilización mineral, orgánica y organomineral. [En línea]. (Trabajo de titulación). (Tesis de pregrado). Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Bogotá-Colombia. 2021 págs. 57-59 [Consulta: 08 febrero 2024]. Disponible en: <https://repository.udca.edu.co/bitstream/handle/11158/4284/SepulvedaTrabajof.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
47. **SOLAGRO.** Lechuga *SOLAGRO*. [En línea] 2020. [Consulta: 29 octubre 2023]. Disponible en: <https://avgust.com.ec/lechuga-2/#:~:text=Entre%20las%20variedades%20m%C3%A1s%20utilizadas,es%20de%20100%20%E2%80%93%20150%20d%C3%ADas>

48. **SOOD, Monika; et al.** “*Trichoderma*: The Secrets of a Multitalented Biocontrol Agent.” *Plants*. [En línea]. 2020, vol. 9, (6), pág. 762 [Consulta: 12 noviembre 2023]. ISSN 0719-3890. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2223-7747/9/6/762>
49. **TIMOFEEVA, Anna; et al.** “Bacterial Siderophores: Classification, Biosynthesis, Perspectives of Use in Agriculture.” *MDPI*. [En línea]. 2022, vol. 11, (22), pág. 3065 [Consulta: 15 noviembre 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/plants11223065>
50. **VECILLA, Manuel.** Producción hidropónica de lechuga (*Lactuca sativa* L.) bajo el sistema de raíz flotante con diferentes soluciones nutritivas. [En línea]. (Trabajo de titulación). (Tesis de pregrado). Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Agrarias. Guayaquil-Ecuador. 2022. págs. 27-28 [Consulta: 22 febrero 2024]. Disponible en: <https://repositorio.ug.edu.ec/server/api/core/bitstreams/fe2d0af3-4949-4f18-9070-48d5d3d6aae1/content>
51. **WANG, WQ; et al.** “Application and Mechanisms of *Bacillus subtilis* in Biological Control of Plant Disease”. *Role of Rhizospheric Microbes in Soil*. Springer. [En línea]. 2018, págs. 225-250. [Consulta: 24 octubre 2023]. Disponible en: [https://sci-hub.se/10.1007/978-981-10-8402-7\\_9](https://sci-hub.se/10.1007/978-981-10-8402-7_9)

## ANEXOS

### ANEXO A: COSTO DE PRODUCCIÓN PARA EL TRATAMIENTO ThDs1

TRATAMIENTO 1				
RUBROS	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNIT (USD)	P. TOTAL (USD)
<b>Macetas</b>				
Macetas	unidad	2381	0,09	214,29
Palillos	unidad	476	0,01	4,76
Subtotal				219,05
<b>Microorganismo</b>				
<i>Trichoderma harzianum</i>	lt	0,2	8	1,6
Subtotal				1,6
<b>Trasplante</b>				
Plántulas	plántulas	2381	0,02	47,62
Subtotal				47,62
<b>Fertilizante</b>				
DAP	kg	0	0	0
Subtotal				0
<b>Cosecha</b>				
Mano de obra	horas	5	15	75
Subtotal				75
Total				343,27
Imprevistos (10%)				34,33
Gran Total				377,60
<b>Ingreso total</b>				
		476,25		
<b>Costo total</b>				
		377,60		
<b>Beneficio Neto</b>				
		98,65		
<b>B/C</b>				
		0,26		
<b>Rentabilidad</b>				
		26,13		
<b>Rendimiento</b>				
<b>kg/tratamiento</b>				
		120,65		
<b>Lechuga</b>				
			<b>rendimiento (Beneficio Bruto)</b>	
peso promedio/tratamiento	0,06	kg	lechugas cosechadas	1905
lechugas/tratamiento	1905		Costo de cada planta	0,25
Valor unitario	0,2	ctvs	Ingreso	476,25

**ANEXO B: COSTO DE PRODUCCIÓN PARA EL TRATAMIENTO ThDs2**

<b>TRATAMIENTO 2</b>				
<b>RUBROS</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>P. UNIT (USD)</b>	<b>P. TOTAL (USD)</b>
<b>Macetas</b>				
Macetas	unidad	2381	0,09	214,29
Palillos	unidad	476	0,01	4,76
<b>Subtotal</b>				<b>219,05</b>
<b>Microorganismo</b>				
<i>Trichoderma harzianum</i>	lt	0,2	8	1,6
<b>Subtotal</b>				<b>1,6</b>
<b>Trasplante</b>				
Plántulas	plántulas	2381	0,02	47,62
<b>Subtotal</b>				<b>47,62</b>
<b>Fertilizante</b>				
DAP	kg	31	0,92	28,52
<b>Subtotal</b>				<b>28,52</b>
<b>Cosecha</b>				
Mano de obra	horas	5	15	75
<b>Subtotal</b>				<b>75</b>
<b>Total</b>				<b>371,79</b>
Imprevistos (10%)				37,18
<b>Gran Total</b>				<b>408,97</b>
<b>Resumen de Rentabilidad</b>				
<b>Ingreso total</b>	494			
<b>Costo total</b>	408,97			
<b>Beneficio Neto</b>	85,03			
<b>B/C</b>	0,21			
<b>Rentabilidad</b>	20,79			
Rendimiento				
<b>kg/tratamiento</b>				
197,60				
<b>Lechuga</b>			<b>rendimiento (Beneficio Bruto)</b>	
peso promedio/tratamiento	0,10	kg	lechugas cosechadas	1976
lechugas/tratamiento	1976		Costo de cada planta	0,25
Valor unitario	0,2	ctvs	Ingreso	494

**ANEXO C: COSTO DE PRODUCCIÓN PARA EL TRATAMIENTO ThDs3**

<b>TRATAMIENTO 3</b>				
<b>RUBROS</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>P. UNIT (USD)</b>	<b>P. TOTAL (USD)</b>
<b>Macetas</b>				
Macetas	unidad	2381	0,09	214,29
Palillos	unidad	476	0,01	4,76
<b>Subtotal</b>				<b>219,05</b>
<b>Microorganismo</b>				
<i>Trichoderma harzianum</i>	lt	0,2	8	1,6
<b>Subtotal</b>				<b>1,6</b>
<b>Trasplante</b>				
Plántulas	plántulas	2381	0,02	47,62
<b>Subtotal</b>				<b>47,62</b>
<b>Fertilizante</b>				
DAP	kg	62,5	0,92	57,5
<b>Subtotal</b>				<b>57,5</b>
<b>Cosecha</b>				
Mano de obra	horas	5	15	75
<b>Subtotal</b>				<b>75</b>
<b>Total</b>				<b>400,77</b>
Imprevistos (10%)				40,08
<b>Gran Total</b>				<b>440,85</b>
<b>Resumen de Rentabilidad</b>				
<b>Ingreso total</b>	607,2			
<b>Costo total</b>	440,85			
<b>Beneficio Neto</b>	166,35			
<b>B/C</b>	0,38			
<b>Rentabilidad</b>	37,73			
Rendimiento				
<b>kg/tratamiento</b>				
	344,08			
<b>Lechuga</b>			<b>rendimiento (Beneficio Bruto)</b>	
peso promedio/tratamiento	0,17	kg	lechugas cosechadas	2024
lechugas/tratamiento	2024		Costo de cada planta	0,3
Valor unitario	0,2	ctvs	Ingreso	607,2

**ANEXO D: COSTO DE PRODUCCIÓN PARA EL TRATAMIENTO ThDs4**

<b>TRATAMIENTO 4</b>				
<b>RUBROS</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>P. UNIT (USD)</b>	<b>P. TOTAL (USD)</b>
<b>Macetas</b>				
Macetas	unidad	2381	0,09	214,29
Palillos	unidad	476	0,01	4,76
<b>Subtotal</b>				<b>219,05</b>
<b>Microorganismo</b>				
<i>Trichoderma harzianum</i>	lt	0,2	8	0,0016
<b>Subtotal</b>				<b>0,0016</b>
<b>Trasplante</b>				
Plántulas	plántulas	2381	0,02	47,62
<b>Subtotal</b>				<b>47,62</b>
<b>Fertilizante</b>				
DAP	kg	93,75	0,92	86,25
<b>Subtotal</b>				<b>86,25</b>
<b>Cosecha</b>				
Mano de obra	horas	5	15	75
<b>Subtotal</b>				<b>75</b>
<b>Total</b>				<b>427,92</b>
<b>Imprevistos (10%)</b>				<b>42,79</b>
<b>Gran Total</b>				<b>470,71</b>
<b>Resumen de Resultados</b>				
<b>Ingreso total</b>	750,05			
<b>Costo total</b>	470,71			
<b>Beneficio Neto</b>	279,34			
<b>B/C</b>	0,59			
<b>Rentabilidad</b>	59,34			
Rendimiento				
<b>kg/tratamiento</b>				
407,17				
<b>Lechuga</b>			<b>rendimiento (Beneficio Bruto)</b>	
peso promedio/tratamiento	0,19	kg	lechugas cosechadas	2143
lechugas/tratamiento	2143		Costo de cada planta	0,35
Valor unitario	0,2	ctvs	Ingreso	750,05

**ANEXO E: COSTO DE PRODUCCIÓN PARA EL TRATAMIENTO ThDs5**

<b>TRATAMIENTO 5</b>				
<b>RUBROS</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>P. UNIT (USD)</b>	<b>P. TOTAL (USD)</b>
<b>Macetas</b>				
Macetas	unidad	2381	0,09	214,29
Palillos	unidad	476	0,01	4,76
<b>Subtotal</b>				<b>219,05</b>
<b>Microorganismo</b>				
<i>Trichoderma harzianum</i>	lt	0,2	8	0,0016
<b>Subtotal</b>				<b>0,0016</b>
<b>Trasplante</b>				
Plántulas	plántulas	2381	0,02	47,62
<b>Subtotal</b>				<b>47,62</b>
<b>Fertilizante</b>				
DAP	kg	125	0,92	115
<b>Subtotal</b>				<b>115</b>
<b>Cosecha</b>				
Mano de obra	horas	5	15	75
<b>Subtotal</b>				<b>75</b>
<b>Total</b>				<b>456,67</b>
<b>Imprevistos (10%)</b>				<b>45,67</b>
<b>Gran Total</b>				<b>502,34</b>
<b>Resumen de Resultados</b>				
<b>Ingreso total</b>	750,05			
<b>Costo total</b>	502,34			
<b>Beneficio Neto</b>	247,71			
<b>B/C</b>	0,49			
<b>Rentabilidad</b>	49,31			
Rendimiento				
<b>kg/tratamiento</b>				
414,31				
<b>Lechuga</b>			<b>rendimiento (Beneficio Bruto)</b>	
peso promedio/tratamiento	0,19	kg	lechugas cosechadas	2143
lechugas/tratamiento	2143		Costo de cada planta	0,35
Valor unitario	0,2	Ctvs	Ingreso	750,05

**ANEXO F: COSTO DE PRODUCCIÓN PARA EL TRATAMIENTO BsDs1**

<b>TRATAMIENTO 6</b>				
<b>RUBROS</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>P. UNIT (USD)</b>	<b>P. TOTAL (USD)</b>
<b>Macetas</b>				
Macetas	unidad	2381	0,09	214,29
Palillos	unidad	476	0,01	4,76
<b>Subtotal</b>				<b>219,05</b>
<b>Microorganismo</b>				
<i>Bacillus subtilis</i>	lt	0,3	10	3
<b>Subtotal</b>				<b>3</b>
<b>Trasplante</b>				
Plántulas	plántulas	2381	0,02	47,62
<b>Subtotal</b>				<b>47,62</b>
<b>Fertilizante</b>				
DAP	kg	0	0	0
<b>Subtotal</b>				<b>0</b>
<b>Cosecha</b>				
Mano de obra	horas	5	15	75
<b>Subtotal</b>				<b>75</b>
<b>Total</b>				<b>344,67</b>
<b>Imprevistos (10%)</b>				<b>34,47</b>
<b>Gran Total</b>				<b>379,14</b>
<b>Ingreso total</b>				
		571,5		
<b>Costo total</b>				
		379,14		
<b>Beneficio Neto</b>				
		192,36		
<b>B/C</b>				
		0,51		
<b>Rentabilidad</b>				
		50,74		
Rendimiento				
<b>kg/tratamiento</b>				
120,65				
<b>Lechuga</b>				
<b>Lechuga</b>			<b>rendimiento (Beneficio Bruto)</b>	
peso promedio/tratamiento	0,06	kg	lechugas cosechadas	1905
lechugas/tratamiento	1905		Costo de cada planta	0,3
Valor unitario	0,2	ctvs	Ingreso	571,5

**ANEXO G: COSTO DE PRODUCCIÓN PARA EL TRATAMIENTO BsDs2**

<b>TRATAMIENTO 7</b>				
<b>RUBROS</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>P. UNIT (USD)</b>	<b>P. TOTAL (USD)</b>
<b>Macetas</b>				
Macetas	unidad	2381	0,09	214,29
Palillos	unidad	476	0,01	4,76
<b>Subtotal</b>				<b>219,05</b>
<b>Microorganismo</b>				
<i>Bacillus subtilis</i>	lt	0,3	10	3
<b>Subtotal</b>				<b>3</b>
<b>Trasplante</b>				
Plántulas	plántulas	2381	0,02	47,62
<b>Subtotal</b>				<b>47,62</b>
<b>Fertilizante</b>				
DAP	kg	31	0,92	28,52
<b>Subtotal</b>				<b>28,52</b>
<b>Cosecha</b>				
Mano de obra	horas	5	15	75
<b>Subtotal</b>				<b>75</b>
<b>Total</b>				<b>373,19</b>
Imprevistos (10%)				37,32
<b>Gran Total</b>				<b>410,51</b>
<b>Ingreso total</b>				
				506
<b>Costo total</b>				
				410,51
<b>Beneficio Neto</b>				
				95,49
<b>B/C</b>				
				0,23
<b>Rentabilidad</b>				
				23,26
Rendimiento				
<b>kg/tratamiento</b>				
				229,39
<b>Lechuga</b>				
<b>Lechuga</b>			<b>rendimiento (Beneficio Bruto)</b>	
peso promedio/tratamiento	0,11	kg	lechugas cosechadas	2024
lechugas/tratamiento	2024		Costo de cada planta	0,25
Valor unitario	0,2	ctvs	Ingreso	506

**ANEXO H: COSTO DE PRODUCCIÓN PARA EL TRATAMIENTO BsDs3**

<b>TRATAMIENTO 8</b>				
<b>RUBROS</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>P. UNIT (USD)</b>	<b>P. TOTAL (USD)</b>
<b>Macetas</b>				
Macetas	unidad	2381	0,09	214,29
Palillos	unidad	476	0,01	4,76
<b>Subtotal</b>				<b>219,05</b>
<b>Microorganismo</b>				
<i>Bacillus subtilis</i>	lt	0,3	10	3
<b>Subtotal</b>				<b>3</b>
<b>Trasplante</b>				
Plántulas	plántulas	2381	0,02	47,62
<b>Subtotal</b>				<b>47,62</b>
<b>Fertilizante</b>				
DAP	kg	62,5	0,92	57,5
<b>Subtotal</b>				<b>57,5</b>
<b>Cosecha</b>				
Mano de obra	horas	5	15	75
<b>Subtotal</b>				<b>75</b>
<b>Total</b>				<b>402,17</b>
<b>Imprevistos (10%)</b>				<b>40,22</b>
<b>Gran Total</b>				<b>442,39</b>
<b>Ingreso total</b> 642,9				
<b>Costo total</b> 442,39				
<b>Beneficio Neto</b> 200,51				
<b>B/C</b> 0,45				
<b>Rentabilidad</b> 45,33				
Rendimiento				
<b>kg/tratamiento</b>				
371,45				
<b>Lechuga</b>			<b>rendimiento (Beneficio Bruto)</b>	
peso promedio/m2	0,17	kg	lechugas cosechadas	2143
lechugas/m2	2143		Costo de cada planta	0,3
Valor unitario	0,2	ctvs	Ingreso	642,

**ANEXO I: COSTO DE PRODUCCIÓN PARA EL TRATAMIENTO BsDs4**

<b>TRATAMIENTO 9</b>				
<b>RUBROS</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>P. UNIT (USD)</b>	<b>P. TOTAL (USD)</b>
<b>Macetas</b>				
Macetas	unidad	2381	0,09	214,29
Palillos	unidad	476	0,01	4,76
<b>Subtotal</b>				<b>219,05</b>
<b>Microorganismo</b>				
<i>Bacillus subtilis</i>	lt	0,3	10	3
<b>Subtotal</b>				<b>3</b>
<b>Trasplante</b>				
Plántulas	plántulas	2381	0,02	47,62
<b>Subtotal</b>				<b>47,62</b>
<b>Fertilizante</b>				
DAP	kg	93,75	0,92	86,3
<b>Subtotal</b>				<b>86,3</b>
<b>Cosecha</b>				
Mano de obra	horas	5	15	75
<b>Subtotal</b>				<b>75</b>
<b>Total</b>				<b>430,92</b>
Imprevistos (10%)				43,09
<b>Gran Total</b>				<b>474,01</b>
<b>Ingreso total</b> 750,05				
<b>Costo total</b> 474,01				
<b>Beneficio Neto</b> 276,04				
<b>B/C</b> 0,58				
<b>Rentabilidad</b> 58,23				
Rendimiento				
<b>kg/tratamiento</b>				
421,46				
<b>Lechuga</b>			<b>rendimiento (Beneficio Bruto)</b>	
peso promedio/tratamiento	0,20	kg	lechugas cosechadas	2143
lechugas/tratamiento	2143		Costo de cada planta	0,35
Valor unitario	0,2	ctvs	Ingreso	750,05

**ANEXO J: COSTO DE PRODUCCIÓN PARA EL TRATAMIENTO BsDs5**

<b>TRATAMIENTO 10</b>				
<b>RUBROS</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>P. UNIT (USD)</b>	<b>P. TOTAL (USD)</b>
<b>Macetas</b>				
Macetas	unidad	2381	0,09	214,29
Palillos	unidad	476	0,01	4,76
<b>Subtotal</b>				<b>219,05</b>
<b>Microorganismo</b>				
<i>Bacillus subtilis</i>	lt	0,3	10	3
<b>Subtotal</b>				<b>3</b>
<b>Trasplante</b>				
Plántulas	plántulas	2381	0,02	47,62
<b>Subtotal</b>				<b>47,62</b>
<b>Fertilizante</b>				
DAP	kg	125	0,92	115,0
<b>Subtotal</b>				<b>115,0</b>
<b>Cosecha</b>				
Mano de obra	horas	5	15	75
<b>Subtotal</b>				<b>75</b>
<b>Total</b>				<b>459,67</b>
Imprevistos (10%)				45,97
<b>Gran Total</b>				<b>505,64</b>
<b>Ingreso total</b>				
				750,05
<b>Costo total</b>				
				505,64
<b>Beneficio Neto</b>				
				244,41
<b>B/C</b>				
				0,48
<b>Rentabilidad</b>				
				48,34
Rendimiento				
<b>kg/tratamiento</b>				
417,89				
<b>Lechuga</b>				
<b>Lechuga</b>			<b>rendimiento (Beneficio Bruto)</b>	
peso promedio/tratamiento	0,20	kg	lechugas cosechadas	2143
lechugas/tratamiento	2143		Costo de cada planta	0,35
Valor unitario	0,2	ctvs	Ingreso	750,05

**ANEXO K: COSTO DE PRODUCCIÓN PARA EL TRATAMIENTO ThBsDs1**

<b>TRATAMIENTO 11</b>				
<b>RUBROS</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>P. UNIT (USD)</b>	<b>P. TOTAL (USD)</b>
<b>Macetas</b>				
Macetas	unidad	2381	0,09	214,29
Palillos	unidad	476	0,01	4,76
<b>Subtotal</b>				<b>219,05</b>
<b>Microorganismo</b>				
<i>Trichoderma harzianum</i> + <i>Bacillus subtilis</i>	lt	0,25	10	2,5
<b>Subtotal</b>				<b>2,5</b>
<b>Trasplante</b>				
Plántulas	Plántulas	2381	0,02	47,62
<b>Subtotal</b>				<b>47,62</b>
<b>Fertilizante</b>				
DAP	kg	0	0	0,0
<b>Subtotal</b>				<b>0,0</b>
<b>Cosecha</b>				
Mano de obra	Horas	5	15	75
<b>Subtotal</b>				<b>75</b>
<b>Total</b>				<b>344,17</b>
<b>Imprevistos (10%)</b>				<b>34,42</b>
<b>Gran Total</b>				<b>378,59</b>
<b>Resumen de Resultados</b>				
<b>Ingreso total</b>	523,75			
<b>Costo total</b>	378,59			
<b>Beneficio Neto</b>	145,16			
<b>B/C</b>	0,38			
<b>Rentabilidad</b>	38,34			
Rendimiento				
<b>kg/tratamiento</b>				
132,68				
<b>Lechuga</b>			<b>rendimiento (Beneficio Bruto)</b>	
peso promedio/tratamiento	0,06	kg	lechugas cosechadas	2095
lechugas/tratamiento	2095		Costo de cada planta	0,25
Valor unitario	0,2	ctvs	Ingreso	523,75

**ANEXO L: COSTO DE PRODUCCIÓN PARA EL TRATAMIENTO ThBsDs2**

<b>TRATAMIENTO 12</b>				
<b>RUBROS</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>P.UNIT (USD)</b>	<b>P. TOTAL (USD)</b>
<b>Macetas</b>				
Macetas	unidad	2381	0,09	214,29
Palillos	unidad	476	0,01	4,76
<b>Subtotal</b>				<b>219,05</b>
<b>Microorganismo</b>				
<i>Trichoderma harzianum</i> + <i>Bacillus subtilis</i>	lt	0,25	10	2,5
<b>Subtotal</b>				<b>2,5</b>
<b>Trasplante</b>				
Plántulas	plántulas	2381	0,02	47,62
<b>Subtotal</b>				<b>47,62</b>
<b>Fertilizante</b>				
DAP	kg	31	0,92	28,52
<b>Subtotal</b>				<b>28,52</b>
<b>Cosecha</b>				
Mano de obra	horas	5	15	75
<b>Subtotal</b>				<b>75</b>
<b>Total</b>				<b>372,69</b>
<b>Imprevistos (10%)</b>				<b>37,27</b>
<b>Gran Total</b>				<b>409,96</b>
<b>Resumen de Resultados</b>				
<b>Ingreso total</b>	535,75			
<b>Costo total</b>	409,96			
<b>Beneficio Neto</b>	125,79			
<b>B/C</b>	0,31			
<b>Rentabilidad</b>	30,68			
Rendimiento				
<b>kg/tratamiento</b>				
314,31				
<b>Lechuga</b>			<b>rendimiento (Beneficio Bruto)</b>	
peso promedio/tratamiento	0,15	kg	lechugas cosechadas	2143
lechugas/tratamiento	2143		Costo de cada planta	0,25
Valor unitario	0,2	ctvs	Ingreso	535,75

**ANEXO M: COSTO DE PRODUCCIÓN PARA EL TRATAMIENTO ThBsDs3**

<b>TRATAMIENTO 13</b>				
<b>RUBROS</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>P. UNIT (USD)</b>	<b>P. TOTAL (USD)</b>
<b>Macetas</b>				
Macetas	unidad	2381	0,09	214,29
Palillos	unidad	476	0,01	4,76
<b>Subtotal</b>				<b>219,05</b>
<b>Microorganismo</b>				
Trichoderma harzianum + Bacillus subtilis	lt	0,25	10	2,5
<b>Subtotal</b>				<b>2,5</b>
<b>Trasplante</b>				
Plántulas	plántulas	2381	0,02	47,62
<b>Subtotal</b>				<b>47,62</b>
<b>Fertilizante</b>				
DAP	kg	62,5	0,92	57,5
<b>Subtotal</b>				<b>57,5</b>
<b>Cosecha</b>				
Mano de obra	horas	5	15	75
<b>Subtotal</b>				<b>75</b>
<b>Total</b>				<b>401,67</b>
<b>Imprevistos (10%)</b>				<b>40,17</b>
<b>Gran Total</b>				<b>441,84</b>
<b>Resumen de Resultados</b>				
<b>Ingreso total</b>		664,2		
<b>Costo total</b>		441,84		
<b>Beneficio Neto</b>		222,36		
<b>B/C</b>		0,50		
<b>Rentabilidad</b>		50,33		
Rendimiento				
<b>kg/tratamiento</b>				
		383,76		
<b>Lechuga</b>			<b>rendimiento (Beneficio Bruto)</b>	
peso promedio/tratamiento	0,17	kg	lechugas cosechadas	2214
lechugas/tratamiento	2214		Costo de cada planta	0,3
Valor unitario	0,2	ctvs	Ingreso	664,2

**ANEXO N: COSTO DE PRODUCCIÓN PARA EL TRATAMIENTO ThBsDs4**

<b>TRATAMIENTO 14</b>				
<b>RUBROS</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>P. UNIT (USD)</b>	<b>P. TOTAL (USD)</b>
<b>Macetas</b>				
Macetas	unidad	2381	0,09	214,29
Palillos	unidad	476	0,01	4,76
<b>Subtotal</b>				<b>219,05</b>
<b>Microorganismo</b>				
<i>Trichoderma harzianum</i> + <i>Bacillus subtilis</i>	lt	0,25	10	2,5
<b>Subtotal</b>				<b>2,5</b>
<b>Trasplante</b>				
Plántulas	plántulas	2381	0,02	47,62
<b>Subtotal</b>				<b>47,62</b>
<b>Fertilizante</b>				
DAP	kg	93,75	0,92	86,25
<b>Subtotal</b>				<b>86,25</b>
<b>Cosecha</b>				
Mano de obra	horas	5	15	75
<b>Subtotal</b>				<b>75</b>
<b>Total</b>				<b>430,42</b>
<b>Imprevistos (10%)</b>				<b>43,04</b>
<b>Gran Total</b>				<b>473,46</b>
<b>Resumen de Resultados</b>				
<b>Ingreso total</b>		791,7		
<b>Costo total</b>		473,46		
<b>Beneficio Neto</b>		318,24		
<b>B/C</b>		0,67		
<b>Rentabilidad</b>		67,22		
Rendimiento				
<b>kg/tratamiento</b>				
456,17				
<b>Lechuga</b>			<b>rendimiento (Beneficio Bruto)</b>	
peso promedio/tratamiento	0,20	kg	lechugas cosechadas	2262
lechugas/tratamiento	2262		Costo de cada planta	0,35
Valor unitario	0,2	ctvs	Ingreso	791,7

**ANEXO O: COSTO DE PRODUCCIÓN PARA EL TRATAMIENTO ThBsDs5**

<b>TRATAMIENTO 15</b>				
<b>RUBROS</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>P. UNIT (USD)</b>	<b>P. TOTAL (USD)</b>
<b>Macetas</b>				
Macetas	unidad	2381	0,09	214,29
Palillos	unidad	476	0,01	4,76
<b>Subtotal</b>				<b>219,05</b>
<b>Microorganismo</b>				
<i>Trichoderma harzianum</i> + <i>Bacillus subtilis</i>	lt	0,25	10	2,5
<b>Subtotal</b>				<b>2,5</b>
<b>Trasplante</b>				
Plántulas	plántulas	2381	0,02	47,62
<b>Subtotal</b>				<b>47,62</b>
<b>Fertilizante</b>				
DAP	kg	125	0,92	115,0
<b>Subtotal</b>				<b>115,0</b>
<b>Cosecha</b>				
Mano de obra	horas	5	15	75
<b>Subtotal</b>				<b>75</b>
<b>Total</b>				<b>459,17</b>
<b>Imprevistos (10%)</b>				<b>45,92</b>
<b>Gran Total</b>				<b>505,09</b>
<b>Resumen de Rentabilidad</b>				
<b>Ingreso total</b>		791,7		
<b>Costo total</b>		505,09		
<b>Beneficio Neto</b>		286,61		
<b>B/C</b>		0,57		
<b>Rentabilidad</b>		56,75		
Rendimiento				
<b>kg/tratamiento</b>				
		437,32		
<b>Lechuga</b>			<b>rendimiento (Beneficio Bruto)</b>	
peso promedio/tratamiento	0,19	kg	lechugas cosechadas	2262
lechugas/tratamiento	2262		Costo de cada planta	0,35
Valor unitario	0,2	centavos	Ingreso	791,7

## ANEXO P: IMÁGENES DEL ENSAYO





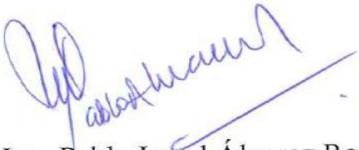






**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE LA GUÍA PARA**  
**NORMALIZACIÓN DE TRABAJOS DE FIN DE GRADO**

**Fecha de entrega:** 10/06/2024

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> Esteban Javier Mogro Marcatoma
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> Recursos Naturales
<b>Carrera:</b> Agronomía
<b>Título a optar:</b> Ingeniero Agrónomo
 Ing. Norma Soledad Erazo Sandoval PhD. <b>Director del Trabajo de Integración Curricular</b>
 Ing. Pablo Israel Álvarez Romero PhD. <b>Asesor del Trabajo de Integración Curricular</b>