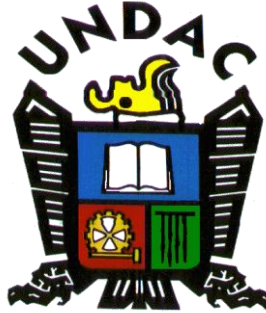


**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL AGRONOMÍA**



**T E S I S**

**Efecto de la aplicación de diatomeas, microorganismos eficientes,  
Trichocastle y Basu en el desarrollo vegetativo y rendimiento de la lechuga  
(*Lactuca sativa* L.) variedad seda Yanahuanca - 2016**

**Para optar el título profesional de:**

**Ingeniero Agrónomo**

**Autor:**

**Bach. Dalila SERRANO PANTALEON**

**Asesor:**

**Mg. Manuel Jorge CASTILLO NOLE**

**Cerro de Pasco - Perú – 2019**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL AGRONOMÍA**



**T E S I S**

**Efecto de la aplicación de diatomeas, microorganismos eficientes,  
trichocastle y basu en el desarrollo vegetativo y rendimiento de la lechuga  
(*Lactuca sativa* L.) variedad seda Yanahuanca - 2016**

**Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:**

---

**Dra. Edith Luz ZEVALLOS ARIAS  
PRESIDENTE**

---

**Ing. Gina Elsi Asunción CASTRO BERMUDEZ    Mg. Fidel DE LA ROSA AQUINO**

**MIEMBRO**

**MIEMBRO**

LHT/UIFCCAA



**Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión**

**Facultad de Ciencias Agropecuarias**

**Unidad de Investigación**

**INFORME DE ORIGINALIDAD N° 045-2024/UIFCCAA/V**

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión ha realizado el análisis con exclusiones en el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Presentado por  
**SERRANO PANTALEON, Dalila**

Escuela de Formación Profesional  
**Agronomía - Yanahuanca**

Tipo de trabajo

**Tesis**

**Efecto de la aplicación de diatomeas, microorganismos eficientes, trichocastle y basu en el desarrollo vegetativo y rendimiento de la lechuga (*Lactuca sativa* L.) variedad seda Yanahuanca - 2016**

Asesor

**Mg. CASTILLO NOLE, Manuel Jorge**

Índice de similitud

**20%**

Calificativo

**APROBADO**

Se adjunta al presente el reporte de evaluación del software anti plagio.

Cerro de Pasco, 07 de abril de 2024



Firmado digitalmente por HUANES TOVAR Luis Antonio FAU  
20154805046 soft  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 07.04.2024 13:03:01 -05:00

Firma Digital  
Director UIFCCAA

c.c. Archivo  
LHT/UIFCCAA

## **DEDICATORIA**

A mis padres: Cerilo Serrano y Erena Pantaleon por su constante y abnegado sacrificio para darme una profesión.

A, mis hermanos: Percy, Elmer, Vilma, Olinda, Nori y Noemí; por su apoyo moral y orientación.

**Dalila**

## **AGRADECIMIENTO**

- A los maestros de la Escuela de Formación Profesional Agronomía Yanahuanca, de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, agradezco por las lecciones brindadas durante mi etapa como estudiante y mi preparación profesional.
- Agradezco al Mg. Manuel J. Castillo Nole por su guía y conocimiento al respaldarme durante la realización de la investigación para esta tesis.
- A mis jurados Dra. Zevallos Arias Edith Luz, Mg. De La Rosa Aquino Fidel y al Ing. Castro Bermúdez Gina Elsi por su valiosa contribución y sugerencia al trabajo de investigación.
- Al Ing. Percy Aníbal Atachagua Ortiz, por su apoyo en las evaluaciones del campo y por ser mi colega de estudio.

## RESUMEN

El trabajo de investigación “Efecto de la aplicación de Diatomeas, Microorganismos Eficientes, Trichocastle y Basu en el desarrollo vegetativo y rendimiento de la lechuga (*Lactuca sativa* L.) variedad seda Yanahuanca-2016”. Los objetivos fueron: a) Evaluar el efecto de Diatomeas, Microorganismos eficientes, Trichocastle y Basu en el desarrollo vegetativo de la lechuga (altura de la planta, diámetro de la cabeza). b) Evaluar el efecto de la aplicación de Diatomeas, Microorganismos eficientes, Trichocastle y Basu en el rendimiento de la lechuga (número de hojas y peso de la cabeza). El presente trabajo de investigación se ejecutó en el distrito de Yanahuanca con UTM 8857502N, 352758 E, altitud 3200 msnm, provincia de Daniel Alcides Carrión, región Pasco. En la metodología del trabajo se realizó la preparación y demarcación del terreno, preparación del Trichocastle, aplicación del Trichocastle, establecimiento del cultivo de lechuga. Los tratamientos fueron: T1 (Diatomea), T2 (Microorganismos Eficientes), T3 (Basu), T4 (Trichocastle), T5 (testigo). Las variables evaluadas fueron: Altura de planta a los 20 y 90 días; diámetro de la cabeza de la lechuga a los 20 y 90 días; número de hojas y peso de la lechuga por cabeza. Se utilizó el Diseño de Bloque Completo al Azar (DBCAs) con 5 tratamientos y 4 repeticiones. De los resultados obtenidos: La altura de planta a los 20 y 90 días fue de 8,72 cm y 14,75 cm para el T1; el diámetro de la cabeza de la lechuga a los 20 y 90 días fue de 12,35 cm y 16,1 cm para T1 y T4 respectivamente; el número de hojas fue de 21,97 para T4; el peso de la lechuga por cabeza fue de 378,6 g para T4; el rendimiento obtenido fue de 42 065,56 kg/ha.

**Palabras claves:** Trichocastle, Diatomea, Microorganismos eficientes, Basu y Lechuga

## ABSTRACT

The research work effect of the application of Diatoms, Efficient Microorganisms, Trichocastle and Basu on vegetative development and yield of lettuce (*Lactuca sativa* L.) Yanahuanca silk variety-2016. The objectives were: a) To determine the effect of Diatomeas, efficient microorganisms, Trichocastle and Basu on the vegetative development of lettuce (height of the plant, diameter of the head). b) Determine the effect of the application of Diatoms, efficient microorganisms, Trichocastle and Basu on the yield of the lettuce (number of leaves and weight of the head). The present research work was executed in the district of Yanahuanca with UTM 8857502N, 352758 E, altitude 3200 msnm, province of Daniel Alcides Carrión, Pasco region. In the methodology of the work, the preparation and demarcation of the land was carried out, preparation of the Trichocastle, application of the Trichocastle, establishment of the lettuce crop. The treatments were: T1 (Diatomea), T2 (Efficient Microorganisms), T3 (Basu), T4 (Trichocastle), T5 (control). The variables evaluated were: Plant height at 20 and 90 days; diameter of the head of the lettuce at 20 and 90 days; number of leaves and weight of the lettuce per head. The Randomized Complete Block Design (DBCA) was used with 5 treatments and 4 repetitions. From the results obtained: The plant height at 20 and 90 days was 8,72 cm and 14,75 cm for T1; the diameter of the head of the lettuce at 20 and 90 days was 12,35 cm and 16,1 cm for T1 and T4 respectively; the number of leaves was 21,97 for T4; the weight of the lettuce per head was 378,6 g for T4; the yield obtained was 42 065,56 kg / ha.

**Key Words:** Trichocastle, Diatomea, Efficient Microorganisms, Basu and Lettuce.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, los agrobiológicos se emplean en la agricultura, ganadería, medicina y preservación ambiental, demostrando una eficaz capacidad de descomposición y mineralización de la materia orgánica. Son constituidos por microorganismos que actúan como estimulantes del crecimiento vegetal y como agentes de control biológico contra diversos hongos dañinos para las plantas, ofreciendo así beneficios para el manejo de los cultivos.

La aplicación de los agrobiológicos (Diatomeas, Microorganismos Eficientes, Trichocastle y Basu) a los cultivos va teniendo cada vez más importancia, desde el punto de vista económico y ecológico. Así mismo, algunos microorganismos se comportan como reguladores del crecimiento vegetal en pequeñas cantidades dando como resultado crecimiento, inhibición o modifican de una forma u otra cualquier proceso fisiológico del vegetal.

Las verduras son fundamentales en nuestra alimentación al ser bajas en calorías y ricas en nutrientes esenciales, incluyendo fibra y vitaminas. También contienen fitonutrientes como flavonoides y carotenoides, que ayudan a prevenir enfermedades y mejorar nuestra calidad de vida.

En tal sentido, los agricultores de Yanahuanca tienen una alternativa para el manejo del cultivo de la lechuga usando agrobiológicos y puedan consumir diariamente en ensaladas e incluirlos en otros platos de comida a menor costo y sin residuos de agroquímicos.

El documento se organiza en cuatro secciones conforme al esquema de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. El primer capítulo aborda la problemática de investigación, incluyendo la identificación del problema, su delimitación, la formulación de objetivos y la justificación, entre otros aspectos. El



segundo capítulo se centra en el marco teórico, abarcando antecedentes, bases teóricas, definición de términos y formulación de hipótesis. La tercera sección trata sobre la metodología y técnicas de investigación, detallando el tipo de investigación, métodos, diseño, población y muestra, así como las técnicas de recolección y análisis de datos. Finalmente, el cuarto capítulo se dedica a los resultados, su análisis, la discusión de estos, y concluye con recomendaciones derivadas del proceso.

## **INDICE**

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

INDICE

### **CAPITULO I**

#### **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

1.1.	Identificación y determinación del problema .....	1
1.2.	Delimitación de la investigación .....	2
1.3.	Formulación del problema.....	2
1.3.1.	Problema general .....	2
1.3.2.	Problemas específicos .....	3
1.4.	Formulación de los objetivos.....	3
1.4.1.	Objetivo general .....	3
1.4.2.	Objetivos específicos.....	3
1.5.	Justificación de la investigación .....	3
1.6.	Limitaciones de la investigación .....	4

### **CAPITULO II**

#### **MARCO TEÓRICO**

2.1.	Antecedentes de estudio .....	5
2.2.	Bases teóricas-científicas.....	7
2.2.1.	Diatomea.....	7
2.2.2.	Microorganismos eficientes (EM).....	9

2.2.3.	Modo de acción de los microorganismos eficaces (EM).....	14
2.2.4.	Efecto de (EM) sobre el crecimiento y producción de las cosechas .....	14
2.2.5.	Taxonomía de las especies de Trichoderma.....	15
2.2.6.	Generalidades de Trichoderma.....	16
2.2.7.	Trichoderma harzianum.....	18
2.2.8.	Trichoderma viride .....	20
2.2.9.	Trichoderma asperellum.....	21
2.2.10.	Bacillus .....	23
2.2.11.	Generalidades del cultivo de la lechuga .....	25
2.3.	Definición de términos básicos .....	36
2.4.	Formulación de hipótesis.....	37
2.4.1.	Hipótesis general .....	37
2.4.2.	Hipótesis específica .....	37
2.5.	Identificación de variables.....	37
2.6.	Definición operacional de variables e indicadores .....	38

### **CAPITULO III**

#### **METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

3.1.	Tipo de investigación .....	39
3.2.	Nivel de investigación .....	39
3.3.	Métodos de investigación .....	39
3.4.	Diseño de investigación.....	40
3.5.	Población y muestra .....	41
3.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	41
3.7.	Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación.....	41
3.8.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	41

3.9.	Tratamiento estadístico.....	42
3.10.	Orientación ética filosófica y epistémica .....	43

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1.	Descripción del trabajo de campo .....	45
4.1.1.	Productos agrobiológicos (Diatomeas, Microorganismos eficientes, Trichocastle y Basu) .....	45
4.1.2.	Procedimiento experimental .....	45
4.1.3.	Datos a registrar .....	47
4.2.	Presentación, análisis e interpretación de resultados.....	50
4.3.	Prueba de hipótesis .....	62
4.4.	Discusión de resultados .....	62

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de las variables .....	38
Tabla 2 Análisis de varianza.....	40
Tabla 3 Aplicación de los agrobiológico en estudio .....	42
Tabla 4 Análisis de varianza de altura de planta a los 20 días .....	50
Tabla 5 Prueba de Duncan de altura de planta a los 20 días .....	50
Tabla 6 Análisis de varianza de altura de planta a los 90 días .....	52
Tabla 7 Prueba de Duncan de altura de planta a los 90 días .....	52
Tabla 8 Análisis de varianza del diámetro de la cabeza de la lechuga a los 20 días.....	54
Tabla 9 Prueba de Duncan del diámetro de la cabeza de la lechuga a los 20 días .....	54
Tabla 10 Análisis de varianza del diámetro de la cabeza de la lechuga a los 90 días....	56
Tabla 11 Prueba de Duncan de diámetro de la cabeza de la lechuga a los 90 días .....	56
Tabla 12 Análisis de varianza de número de hojas de la lechuga a la cosecha.....	58
Tabla 13 Prueba de Duncan de número de hojas de la lechuga a la cosecha.....	58
Tabla 14 Análisis de varianza del peso de la lechuga por cabeza .....	60
Tabla 15 Prueba de Duncan del peso de la lechuga por cabeza .....	60
Tabla 16 Rendimiento de la lechuga kilogramo por hectárea .....	61

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Altura de planta a los 20 días después del trasplante.....	51
<b>Figura 2</b> Altura de planta a los 90 días después del trasplante.....	53
<b>Figura 3</b> Diámetro de la cabeza de la lechuga a los 20 días después del trasplante.....	55
<b>Figura 4</b> Diámetro de la cabeza a los 90 días después del trasplante.....	57
<b>Figura 5</b> Número de hojas de la lechuga a la cosecha.....	59
<b>Figura 6</b> Peso de la lechuga por cabeza.....	61

## **CAPITULO I**

### **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. Identificación y determinación del problema**

La lechuga es muy reconocida en Perú y ampliamente consumida por su alto contenido de vitaminas A, B y C, que tienen propiedades benéficas para la salud. Además, su componente natural también es valorado en la medicina como un recurso útil para revitalizar los nervios y favorecer la salud respiratoria. En el Perú a nivel nacional se consume 59,925 toneladas métricas, mientras que a nivel de la región Pasco y distrito de Yanahuanca no se reportan datos de consumo. (Ministerio de Agricultura 2016)

Los clientes que prefieren vegetales de hoja, como la lechuga, están buscando productos de alta calidad, seguros para el consumo y libres de productos químicos agrícolas. Esta preferencia está impulsando una mayor demanda de cultivos cultivados de manera orgánica. En Perú, los productos orgánicos están experimentando un crecimiento significativo en su demanda tanto a nivel nacional como internacional. Esto ha llevado a la aparición de numerosos pequeños agricultores certificados que se dedican a la producción

orgánica y que se asocian entre sí para mejorar las condiciones de comercialización de sus productos.

La población de Yanahuanca, compra lechugas los días domingo de feria que son abastecidos por comerciantes de la ciudad de Huánuco y Tarma, encareciendo dicho producto, con valor de S/. 1.5 soles la cabeza, mientras que en la ciudad de Huánuco su costo es de S/. 0,5 soles (Ministerio de Agricultura 2016).

Sin embargo, las condiciones de temperatura en el distrito de Yanahuanca en promedio son de 17 °C y humedad relativa de 90 % lo que favorece su instalación del cultivo de lechuga. Debido a que se adapta mejor a temperaturas bajas que altas, ya que la máxima temperatura que las variedades normalmente soportan son los 30 °C y la mínima es de 6 °C (Casaca, 2005).

## **1.2. Delimitación de la investigación**

La investigación se enfocó en el ámbito agrícola, realizado en el distrito de Yanahuanca, con coordenadas UTM 8857502N, 352758E, a una altura de 3,200 metros sobre el nivel del mar, en la propiedad del Ing. Jorge Rodolfo Benavides. Se llevó a cabo entre octubre de 2017 y marzo de 2018, utilizando 480 plantas de lechuga variedad seda como población en el experimento.

## **1.3. Formulación del problema**

### **1.3.1. Problema general**

¿Cuáles son los efectos de la aplicación de diatomeas, microorganismos eficientes, trichocastle y basu en el desarrollo vegetativo y rendimiento de la lechuga en Yanahuanca?



### **1.3.2. Problemas específicos**

¿Cuáles son los efectos de la aplicación de diatomeas, microorganismos eficientes, trichocastle y basu en el desarrollo vegetativo del cultivo de la lechuga?

¿Cuáles son los efectos de la aplicación de diatomeas, microorganismos eficientes, trichocastle y basu en el rendimiento del cultivo de la lechuga?

## **1.4. Formulación de los objetivos**

### **1.4.1. Objetivo general**

Determinar los efectos de la aplicación de diatomeas, microorganismos eficientes, trichocastle y basu en el desarrollo vegetativo y rendimiento de la lechuga (*Lactuca sativa* L.) variedad seda en Yanahuanca.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

- a. Evaluar el efecto de diatomeas, microorganismos eficientes, trichocastle y basu en el desarrollo vegetativo de la lechuga (altura de la planta, diámetro de la cabeza).
- b. Evaluar el efecto de la aplicación de diatomeas, microorganismos eficientes, trichocastle y basu en el rendimiento de la lechuga (número de hojas y peso de la cabeza).

## **1.5. Justificación de la investigación**

El cultivo de lechuga en el distrito de Yanahuanca debe ser promovido su siembra a gran escala porque presentan clima y suelo favorable, así mismo aportan vitaminas, contribuye en la nutrición alimenticia del ser humano ya puede ser consumido diariamente en ensaladas e incluirlos en otros platos de comidas a menor costo y sin residuos de pesticidas.

Los microorganismos cumplen diferentes funciones en los ecosistemas, para el caso de Diatomeas actúan aportando silicio y es de acción insecticida usado en granos almacenados, mientras Trichocastle, Basu y Microorganismos eficientes (EM) actúan como promotor de crecimientos de las plantas y resultan ser excelentes agentes de control biológico de enfermedades causadas por hongos del suelo y bacterias.

Conociendo los mecanismos de acción de estos microorganismos se utilizó en la investigación realizada en el distrito de Yanahuanca para entender su efecto que realiza en el desarrollo vegetativo y rendimiento de la lechuga, entendiendo el manejo y producción de manera orgánica, respetando el medio ambiente, buscando el repoblamiento de microorganismos en el suelo, permitiendo conseguir mayor aprovechamiento de los nutrientes, repelente de plagas y corrector de la textura del suelo; entendiendo llegar a producir mediante una tecnología limpia que es el futuro para el desarrollo humano.

#### **1.6. Limitaciones de la investigación**

Durante el desarrollo de la investigación a nivel de gabinete y campo, se encontró algunas limitaciones como:

Limitaciones de tipo informativo: La falta de datos sobre los agrobiológicos usados para cultivar lechuga seda es una limitación tanto a nivel nacional como global en el Perú.

Limitaciones de condiciones medio ambientales: Las condiciones de campo permitían la presencia de babosas durante la etapa de trasplante de la lechuga a campo definitivo, lo que se tuvo que controlar de forma manual durante la noche y colocar leche con cal en envases descartable.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes de estudio**

En el estudio de Romero (2003) sobre los niveles de estiércol de lombriz en dos variedades de lechuga en un invernadero, se encontró que las distintas cantidades de estiércol de lombriz no tuvieron un impacto estadísticamente significativo en el rendimiento de la lechuga. Además, la variedad Great Lakes mostró un peso promedio de 0.549 Kg/m<sup>2</sup> (5490 Kg/Has), siendo un 68% más alto que el de la variedad Grand Rapids.

Amasifuen (2017), indica la diferencia numérica de la lechuga para los tratamientos sobre la variable peso, el tratamiento T3 que ocupa el primer lugar del Ranking de Mérito con promedio de 225.0 g y el T1 ocupa el último lugar con 119.1 gramos.

Fernández y Murillo (2005), un análisis comparativo del peso de biomasa fresca no reveló diferencias notables entre plantas cultivadas mediante distintos métodos. Además, se concluyó que el método de cultivo para lechugas

no influye en el peso de su biomasa fresca, sin embargo, con la agricultura limpia se obtuvo 141,29 g y agricultura convencional 151,60 gramos y para el número de hojas fue de 13,6 para agricultura limpia mientras que para agricultura convencional fue de 14,4.

Neri et al (2017), mencionan que la investigación tuvo lugar en el área de El Alfalfar, ubicado en el distrito de Chachapoyas. Su propósito central era analizar cómo la utilización de biopreparados afectaba el rendimiento de la lechuga T6 (bokashi + humus líquido), mostró el mejor resultado en la “altura de planta” en el momento de la cosecha, con promedios de 16,33 cm y con un rendimiento de 32,11 t/ha

Guato (2015), da a conocer que la investigación buscó determinar cómo la aplicación de compost en un sistema de producción ecológica impacta el rendimiento de dos variedades de lechuga donde la variedad Cool guard obtuvo una altura de planta a los 20 días de 6,4 cm y un diámetro ecuatorial de 13,51 cm.

Velasco et al (2016), instaló un ensayo con cultivo de lechuga hidropónica, considerando todos los macro y micronutrientes necesarios y suficientes para su crecimiento, donde se aplicaron tratamientos con y sin humus líquido, combinando, por separado con la inoculación de micorrizas y bacterias tipo Bacillus. Teniendo como resultado en altura de planta aplicando humus+micorrizas obtuvo 14,02 cm en promedio.

Vargas y Salazar (2013), manifiestan bajo la presentación del producto “TIERRA DE DIATOMEAS” (algas naturales fosilizadas – SiO<sub>2</sub>) sobre plántulas de caucho en condiciones de vivero estudiando el porcentaje de brotación de Stumps y de supervivencia de plántulas, sobre altura de planta;

datos de Peso Fresco Total, Peso Fresco Raíces, Peso Fresco Parte Aérea, Peso seco Total, Peso Seco Raíces, y Peso Seco parte aérea; Incidencia de enfermedades, severidad enfermedades; Incidencia de Plagas y Severidad Ataque de plagas, de acuerdo a los resultados, se puede afirmar que se presentaron diferencias marcadas entre las plantas tratadas con la fuente de silicio, frente a las que no lo recibieron, por lo cual se observó que efectivamente el elemento nutritivo si juega un papel importante en el crecimiento y desarrollo del caucho.

Se examinó el efecto del residuo de tierra de diatomeas de la producción de alginatos como fertilizante para sustratos. Con altas proporciones de tierra de diatomeas se redujo el desarrollo de plántulas, pero en proporción de 25 % tierra de diatomeas y 75 % sustrato comercial se obtuvo un porcentaje de germinación significativamente mayor al 91 % (Hernández, 2014).

## **2.2. Bases teóricas-científicas**

### **2.2.1. Diatomea**

Las diatomeas son algas fotosintéticas que tienen forma circular u oblonga y frústulas compuestas por dos partes superpuestas, similar a una caja de Petri. Este nombre proviene del griego "diatomsos", que significa dividido en dos. Su estructura consta de una mitad mayor llamada epiteca y una mitad menor conocida como hipoteca. Estas algas pueden encontrarse en agua dulce, salada y en suelos húmedos. Son una parte esencial del fitoplancton en las áreas más frías de los océanos, siendo la principal fuente de alimento para peces y otros animales marinos en estas zonas. No es usual que un litro de agua de océano contenga casi un millón de diatomeas (Inglethorphe, 1993).

La tierra diatomea es una roca de origen orgánico proveniente de la acumulación de algas fósiles, de agua dulce (Murúa et al., 2005).

Las estructuras de sílice de las diatomeas, llamadas frústulas, caen al fondo del agua tras la muerte de las células, ya que su composición no se altera. Esto conduce a la acumulación de frústulas en los entornos acuáticos. Estos forman depósitos de un material llamado Tierra de diatomeas o Diatomita (Hossam, 2010).

La tierra de diatomeas son los esqueletos fosilizados sobrantes de una sencilla planta acuática llamada diatomea. (Marsh, 2010)

Los microorganismos mencionados tienen la capacidad exclusiva de obtener sílice del agua para crear un exoesqueleto poroso. Después de completar su ciclo de vida, la materia orgánica se descompone y deja un esqueleto que se acumula como depósitos inorgánicos. La tierra de diatomeas es un mineral único debido a su baja densidad, alta porosidad y relativa inercia, lo que la hace ideal como material filtrante. El rango de tamaño de las diatomeas es de al menos 5 micras hasta arriba de 100 micras y son caracterizadas como especies con morfología específica con poros en su interior tan pequeños como 0.1 micras (Yahya et al., 2000).

Diatomita es abundante en muchas áreas del mundo y tiene características físicas únicas, tales como su alta permeabilidad y porosidad (35-65 %), pequeño tamaño de partícula, baja conductividad térmica y densidad y gran superficie específica (Yahya et al., 2000).

Diatomita o tierra de diatomeas tiene un color pálido, suave, ligero, en su estructura posee arriba de 80-90% de huecos (Hossam, 2010).

Desde los 50' se comenzó a utilizar contra diferentes plagas por su capacidad como insecticida físico-mecánico y actualmente está registrado como producto para la protección de granos almacenados en numerosos países de Europa y Asia (Fields y Korunic, 2000), su acción insecticida se produce por desgarros y/o perforaciones en el aparato bucal, exoesqueleto y órganos internos. (Fuenterra Minerales, 2002) o absorción de la cera cuticular (Fields y Korunic, 2000), acciones que llevan a la muerte del insecto por deshidratación.

### **2.2.2. Microorganismos eficientes (EM)**

#### **a. Tecnología de los microorganismos eficientes (EM)**

Según EM ORGANIZATION INC. (EMRO – Europa) (2008), el Dr. Profesor Teruo Higa de la Universidad de Ryukyus en Japón, creador de la tecnología de Microorganismos Eficaces (EM) hace 28 años, comenzó su estudio de microorganismos después de sufrir intoxicación por químicos agrícolas. Tras recolectar 2 000 especies, excluyendo las perjudiciales u olorosas, identificó 80 microorganismos beneficiosos para los humanos. Durante su investigación, aplicó una mezcla de microorganismos cerca de arbustos, observando un notable crecimiento vegetal posteriormente. Inspirado por el feliz accidente, Higa empezó a investigar las mejores combinaciones hasta que en 1982 hizo la presentación formal, EM es una tecnología prebiótica y natural desarrollada, está compuesto por organismos benéficos y altamente eficientes, no son nocivos, ni patógenos, ni genéticamente modificados, ni químicamente sintetizados. (Universidad Earth, 2009).

Inicialmente concebida como una opción frente a los fertilizantes químicos y pesticidas, la Tecnología EM ha experimentado una amplia difusión en los últimos veinte años. Su aplicación se ha extendido desde la agricultura hasta abarcar el tratamiento de aguas y desechos, el control de olores desagradables, la gestión en granjas y el cuidado de la salud animal y humana, así como en diversos procesos industriales. Hoy en día, el EM es utilizado a nivel global. Más de 30 Centros de Investigación, distribuidos por varios países, diariamente, crean y analizan nuevas alternativas para incrementar y expandir aún más el rango de uso de esta Tecnología (EMRO - Europa, 2008).

Higa (2003), indica que EM es una combinación de varios microorganismos beneficiosos, de origen natural que se usan principalmente para los alimentos o que se encuentran en los mismos. Los sustratos incluyen microorganismos útiles de bacterias fototróficas, bacterias de ácido láctico y levaduras. Estos organismos, al interactuar con materia orgánica, producen compuestos beneficiosos como vitaminas, ácidos orgánicos y antioxidantes. Este proceso modifica la composición micro y macrobiológica del suelo, favoreciendo su equilibrio natural y su potencial para convertirse en tierra azimogénica.

Los efectos antioxidantes promueven la descomposición de materia orgánica y esto, a su vez, puede mejorar la calidad del suelo y la salud, lo cual aumenta el crecimiento, el rendimiento y la calidad de



los cultivos, sirve como una excelente herramienta para la producción sostenible en la agricultura orgánica (EARTH, 2009).

#### **b. Principales microorganismos contenidos en el EM**

Higa (2003), expresa que, los hongos, las bacterias, los Actinomicetos y la levadura se encuentran en todos los ecosistemas, utilizados ampliamente en el sector alimenticio y esta especie desempeña papel vital en agricultura para mantener y también para realzar la productividad, mientras más completo sea el complejo de microorganismos benéficos mejor papel desempeñará en la biotransformación de la materia orgánica. Se detalla los siguientes microorganismos:

##### **b.1 Bacteria fotosintética** (Fototrópica) (Rhodospseudomonas plastrus, Rhodobacter spaeroides).

Sanz (2007), expresa que las bacterias fotosintéticas son microorganismos autosuficientes e independientes, sintetizan las sustancias útiles producidas por la secreción de las raíces, materia orgánica y/o gases perjudiciales (como el sulfuro de hidrógeno) utilizando la luz solar y el calor del suelo como fuentes de energía, las sustancias benéficas está compuestas por aminoácidos, ácidos nucleicos, sustancias bioactivas y azúcares, todas las cuales ayudan al crecimiento y desarrollo de las plantas. Cuando las bacterias fotosintéticas crecen en el suelo, promueven la proliferación de otros microorganismos beneficiosos. Estas bacterias pueden convertir el nitrógeno atmosférico y el dióxido de carbono en moléculas orgánicas

como aminoácidos y carbohidratos mediante una fotosíntesis parcial. Esto facilita que las plantas produzcan nutrientes y compuestos orgánicos sin depender exclusivamente de la luz solar, permitiéndoles optimizar sus procesos metabólicos durante todo el día.

### **b.2 Bacterias Ácido Lácticas** (Lactobacillus plantarum, Lactobacillus casei, Streptococcus lactics)

Higa (2003), menciona que, las bacterias ácido-lácticas producen ácidos a partir de azúcares y otros carbohidratos provenientes de las bacterias fotosintéticas y las levaduras. Las bacterias lácticas se utilizan en la producción de alimentos y bebidas como el yogurt debido a sus propiedades esterilizadoras. El ácido láctico que producen actúa como un fuerte desinfectante, combatiendo microorganismos dañinos y acelerando la descomposición de sustancias orgánicas. También facilitan la fermentación de materiales como la celulosa, previniendo problemas asociados con la descomposición de estos materiales. Además, el ácido láctico ayuda a disolver la cal y el fosfato de roca.

### **b.3 Levaduras** (Saccharomyces cerevisiae)

Las levaduras crean y aprovechan sustancias que combaten microorganismos y promueven el desarrollo de plantas. Utilizan aminoácidos, azúcares y materia orgánica de bacterias y raíces. También producen hormonas y enzimas que estimulan la actividad celular y el crecimiento de las raíces. Sus secreciones

son substratos útiles para ciertos microorganismos efectivos, tales como las bacterias ácido-lácticas y los Actinomicetos (Higa, 2003).

#### **b.4 Actinomicetos**

EARTH (2009), indica que, la estructura de los Actinomicetos intermedia entre la de las bacterias y hongos, producen sustancias antimicrobianas a partir de los aminoácidos y azúcares producidos por las bacterias fotosintéticas y por la materia orgánica, que suprimen hongos dañinos y bacterias patógenas, pueden coexistir con la bacteria fotosintética, ambas especies mejoran la calidad de los suelos a través del incremento de la actividad microbiana. Estos organismos actúan en contra de numerosas bacterias y hongos dañinos para las plantas al generar sustancias antibióticas que inhiben su crecimiento o los destruyen, lo que se conoce como efectos biostáticos y biocidas. Además, promueven el desarrollo y la función óptima de Azotobacter y las micorrizas.

#### **b.5 Hongos de Fermentación**

Los hongos de fermentación, como Aspergillus y Penicilina, descomponen la materia orgánica de forma veloz para generar alcohol, ésteres y compuestos antimicrobianos. Esto es lo que produce la desodorización y previene la aparición de insectos perjudiciales y gusanos (Higa, 1997).

### **2.2.3. Modo de acción de los microorganismos eficaces (EM)**

Los microorganismos en el EM aprovechan compuestos producidos por otros seres vivos para su funcionamiento y crecimiento. Las sustancias liberadas por las raíces de las plantas son utilizadas por estos microorganismos para su desarrollo, donde producen aminoácidos, ácidos nucleicos, vitaminas, hormonas y otros compuestos biológicamente activos. Reyes (2008); cuando los Microorganismos Eficaces incrementan su población, como una comunidad en el medio en que se encuentran, se incrementa la actividad de los microorganismos naturales, enriqueciendo la microflora, balanceando los ecosistemas microbiales, suprimiendo microorganismos patógenos (EARTH, 2009).

### **2.2.4. Efecto de (EM) sobre el crecimiento y producción de las cosechas**

Fernández (2008), menciona que, EM mejora el crecimiento y la producción de cultivos incrementando la población de microorganismos beneficiosos en el suelo y aportando nutrientes a la planta, Inhibiendo otras bacterias y organismos nocivos, disminuye el grado de contaminación de agroquímicos; así también brinda mayor floración. Los datos experimentales indicaban que el uso inicial de EM-1 beneficiaba a las plantas al mejorar la extensión de sus raíces, los niveles de nitrógeno en el suelo y la clorofila en las hojas, lo que resultaba en un crecimiento más robusto del cultivo. Actualmente, la tecnología EM es vital para lograr una producción agrícola sostenible y segura, dado que consiste en una combinación de bacterias, Actinomicetos, levaduras y hongos, demostrando ser altamente eficaz en la agricultura.

Higa (1993), indica que existen muchos informes e investigaciones científicas procedentes de diferentes partes del mundo que informa sobre éxitos

rotundos en el cultivo de verduras con ayuda de EM. El autor Higa detalla en sus libros casos de éxito similares, mayormente provenientes de Japón, donde el EM tiene mayor difusión.

Mau (2002), dice que después del uso intensivo de EM durante dos o tres años se puede contar, con toda seguridad, con un aumento de la cosecha de un 30%. El almacenamiento en frío de patatas ayuda a mantener su conservación y capacidad de germinación. Los microorganismos eficientes EM son capaces de degradar sustancias químicas sintéticas. Estos químicos agrícolas, al saturar diversos elementos como suelos, plantas, agua y aire, contribuyen significativamente a la contaminación ambiental.

#### **2.2.5. Taxonomía de las especies de *Trichoderma***

Villegas (2000), da a conocer la taxonomía de los antagonistas:

*Trichoderma harzianum*

Reino: Fungi

División: Eumycota

Sub-división: Deuteromycotina

Clase: Hyphomycetes

Orden: Hyphales

Familia: Monilaceae

Género: *Trichoderma*

Especies: *T. harzianum*

*Trichoderma viride*

Reino: Fungi

División: Eumycota

Sub-división: Deuteromycotina

Clase: Hyphomycetes

Orden: Hyphales

Familia: Monilaceae

Género: Trichoderma

Especies: T. viride

Trichoderma asperellum

Reino: Fungi

División: Eumycota

Sub-división: Deuteromycotina

Clase: Hyphomycetes

Orden: Hyphales

Familia: Monilaceae

Género: Trichoderma

Especies: T. asperellum

#### **2.2.6. Generalidades de Trichoderma**

Harman (1999), manifiestan que han comprobado que el Trichoderma produce sustancias estimuladoras del crecimiento y desarrollo de las plantas. Estas sustancias actúan como catalizadores o aceleradores en los tejidos meristemáticos primarios de las partes jóvenes de las plantas, incrementando su reproducción celular y resultando en un desarrollo más rápido que en plantas no tratadas con dicho microorganismo. Se han llevado a cabo estudios preliminares utilizando Trichoderma para estimular el crecimiento en plantas de frijol, observándose un aumento significativo en la germinación, altura y peso de las plantas tratadas, lo que implica un aumento en los rendimientos de este cultivo.

El Centro de Desarrollo de Agronegocios (CDA) del año 2002 informa que *Trichoderma* se establece en el suelo cerca de las raíces (rizósfera), beneficiando a la planta en su alimentación al mejorar la disponibilidad de nutrientes para la planta. Investigación reciente han demostrado que la aplicación de *Trichoderma* en el cultivo de maíz y cuyas raíces han sido colonizadas por dicho microorganismo, requiere menos fertilizante del nitrogenado que el maíz no tratado; lo que implica el ahorro de un 35 a 40 % de fertilizante (Harman et. al, 1999).

Villegas (2000), da a conocer un incremento en la actividad de *Trichoderma harzianum* como micoparásito, cuando se inoculan en la semilla disminuyendo la población de hongos del suelo. Se ha verificado que aplicar tratamientos al suelo antes de la siembra, durante la siembra y después de que la planta ha emergido tempranamente, reduce la cantidad de enfermedades en la cosecha en más del 60 % y retrasa la manifestación de los signos de los agentes patógenos en la planta.

CDA (2002), manifiesta que los *Trichoderma* es un hongo antagonista de patógenos vegetales y se encuentra presente en la mayoría de los suelos. El desarrollo de esta entidad se beneficia al estar cerca de las raíces de las plantas, donde se adhiere y se expande rápidamente. Esta entidad se establece y se expande junto con las raíces a medida que estas se desarrollan, ofreciendo una protección prolongada durante toda la vida de la planta.

Pichael (2011), da a conocer una proteína de *Trichoderma* que interviene en la producción de 'pelos' en las raíces laterales de tomate y de pepino. *Trichoderma* tiene un "efecto auxina", que es la hormona vegetal que permite el desarrollo de raíces laterales en las plantas. Cuando *Trichoderma* infecta una

planta, busca expandir su superficie de acción, lo cual logra estimulando el crecimiento de las raíces mediante auxinas. Este proceso resulta en raíces más extensas y densas, brindando al hongo un mayor espacio para su desarrollo. Investigaciones recientes han revelado que *Trichoderma* produce estructuras filamentosas que aumentan la absorción de nutrientes en las raíces, mejorando así el crecimiento de la planta.

Windham et al., (1986), mencionan que *Trichoderma spp* podría incrementar los rendimientos por producción de algún factor de crecimiento.

Sánchez (2009), manifiesta que las sustancias relacionadas con el crecimiento vegetal durante el desarrollo de *Trichoderma spp* en medio de cultivo LB, detectó que el hongo es capaz de metabolizar el TRP para formar AIA, AA y AG.

#### **2.2.7. *Trichoderma harzianum***

Investigaciones y Aplicaciones Biotecnológicas (IABOTEC). (2006), mencionan que *Trichoderma harzianum* tiene excelentes propiedades como estimulador del crecimiento radicular y como protector de la raíz, pues es un hongo que actúa principalmente como colonizador de raíces. El aumento en la raíz de la planta conlleva a una calidad y cantidad de nutrientes óptima, además de fortalecer las defensas naturales de la planta.

Entre los principales microorganismos presentes en el suelo capaces de lograr este efecto se encuentran el hongo antagonista del cual se ha comprobado su efecto como estimulador de crecimiento en múltiples cultivos y los hongos formadores de micorrizas arbusculares (Parets, 2002).

Guigón y González (2004), demostraron que las cepas de *T. harzianum* promovieron el crecimiento de plantas de chile (*Capsicum annum*) en



invernadero, siendo la de mejores respuestas las cepas TC74 obtenida del suelo de Chile jalapeño el cual promovió un 30 % la altura, 20 % más hojas, 30 % área foliar más abundante, tallos en un 15 % más robustos y 60 % y 38 % más biomasa en raíz y brotes respectivamente, y la cepa TSO1 aislada de durazno estimulo el crecimiento de un 15 a 35 % más follaje y un 40 % más de materia seca.

Donoso et al., (2008), dan a conocer que *T. harzianum* estimula el crecimiento de plántulas de *Pinus radiata* y una mezcla de éste con perlita y composta, da crecimientos significativos en altura, biomasa y desarrollo del sistema radical.

Harman et. al., (2004), manifiestan que cuando *T. harzianum* es aplicado como tratamiento en semillas y/o suelo, se obtienen una colonización en el sistema radicular, dando un aumento en la profundidad de enraizamiento del maíz. Este aumento del desarrollo radicular permite a la planta obtener mayor absorción y disponibilidad de nutrientes o bien que metabolice nutrientes del sustrato facilitando a la planta la absorción de estos (Donoso et al., 2008).

Windham et al., (1986), indican que la especie de *T. harzianum* y *T. koningii* aumentaron el peso seco de raíz y brote 213-215 % en tomate y 259-318 % en tabaco, 8 semanas después de la plantación. Se tiene reportado que *T. harzianum* influyen en el crecimiento vegetativo de papas y tomates y que intervienen en la germinación de los cafetos (González et al., 1999; Cupull et al., 2003).

El efecto estimulador del crecimiento, expresado en el presente ensayo por un mayor porcentaje de germinación, altura de planta, peso seco, área foliar y velocidad de fotosíntesis de las plantas tratadas con *Trichoderma harzianum* y

*Gliocladium virens* aumentaron significativamente con relación al testigo sin antagonista Su interpretación corresponde al desarrollo de la planta y los valores más altos fueron para los tratamientos con *Trichoderma harzianum* y *Gliocladium virens* (Cruz y Cisterna, 1998).

La utilización de dos formulados líquidos con conidios y sin conidios de *Trichoderma harzianum* A-34 produjeron un efecto bioestimulante expresado en la cantidad de hojas por planta, el incremento de la altura de la planta, ancho de la hoja, largo de la hoja, cantidad de folíolos, número de flores y sobre el rendimiento del cultivo del tomate (Pérez et al., 2012).

#### **2.2.8. *Trichoderma viride***

Cupull (2003) menciona que el experimento tuvo lugar en el vivero de la Estación de Investigaciones de Café Jibacoa, en la provincia de Villa Clara, durante el período de noviembre de 1999 a junio de 2000, a una altitud de 340 metros sobre el nivel del mar. El objetivo era investigar el impacto de *Trichoderma viride* en la germinación, el control de *Rhizoctonia solani* Kuhn y el crecimiento de plantas jóvenes de *Coffea arabica* L., específicamente de la variedad Caturra Rojo. Se empleó un diseño experimental de bloques al azar con cuatro tratamientos y tres repeticiones. Después de 50 días, se observó una tasa de germinación entre el 34,2 % y el 39,2 % en los grupos tratados con *Trichoderma*; la incidencia de *Rhizoctonia solani* varió entre el 1,7 % y el 7,0 % en los tratamientos 2, 3 y 4, mientras que el grupo de control mostró una afectación de hasta el 53,6 %. Los tratamientos 3 y 4 demostraron diferencias significativas en todos los aspectos morfológicos evaluados en comparación con los controles. La aplicación de *T. viride* aceleró la germinación, evitando la necesidad de usar Zineb y produciendo plantas jóvenes más robustas.

Neyra et al., (2013), manifiestan el efecto positivo en la estimulación del crecimiento de las plántulas de *Capsicum annum* por los microorganismos empleados *Rhizobium etli* y *Trichoderma viride*, por lo cual podría recomendarse como potencial PGPR (Rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal) y PGP (Promotor de crecimiento vegetal) en este cultivo, como alternativa para reducir el uso de fertilizantes químicos.

NEEMPRODUCTS (2008), manifiesta que *Trichoderma viride* es un organismo antagonista de hongos presentes en el suelo y es altamente efectiva para el control de las semillas y el suelo de enfermedades transmitidas por mayoría de los cultivos de importancia económica, especialmente legumbres y semillas oleaginosas.

NEEMPRODUCTS (2008), indica que este hongo cuando se aplica junto con las semillas coloniza las mismas, se multiplica; y no solo mata a los patógenos presentes en la superficie de la semilla, si no también brinda protección al suelo de agentes patógenos. *Trichoderma viride* application on seeds has shown increased germination rates in various research studies.

### **2.2.9. *Trichoderma asperellum***

El estudio se llevó a cabo con el propósito de encontrar nuevas formas de producir lechuga, usando técnicas que reduzcan la contaminación y resulten en productos de alta calidad sin agroquímicos, garantizando un desarrollo óptimo de las plantas. Se investigó cómo diferentes especies de *Trichoderma* spp. afectan el crecimiento y desarrollo de la lechuga. Tres cepas de *Trichoderma* se analizaron en el Laboratorio de Investigaciones Genéticas de la UNET, identificadas como *T. koningiopsis* (LIG006), *T. asperellum* (LIG043) y *T. harzianum* (LIG044). Las semillas se trataron con esporas de *Trichoderma* en

diferentes concentraciones, y se evaluó la germinación, el crecimiento de la radícula y la supervivencia de las plantas después del trasplante. Se aplicaron soluciones de Trichoderma a las plantas trasplantadas y se midieron su altura, número de hojas y peso seco. Los resultados mostraron que todos los tratamientos con Trichoderma estimularon la germinación, destacando *T. asperellum* con un 87,1%. Aunque hubo impacto en el crecimiento inicial de la radícula, la sobrevivencia de las plantas mejoró con la aplicación de Trichoderma. La altura promedio de las plantas y número de hojas, fue similar para todos los tratamientos incluyendo el testigo (Aparicio et al., 2012).

Casanova et al., (2005), manifiestan que el objetivo es evaluar la eficacia en el control de enfermedades producidas por hongos por parte del agente de control biológico *T. asperellum* cepa T34, aislado del medio natural. T34 ha demostrado ser muy efectivo en el manejo de varias enfermedades en plantas, tanto en el suelo como en las hojas, mostrando resultados comparables o mejores que los productos químicos convencionales. Además de su capacidad para controlar enfermedades, T34 también estimula el crecimiento de las plantas. Por ejemplo, cuando se aplica en semillas de pimiento, aumenta su biomasa en un 250%, y en semillas de tomate, en un 200%, en entornos de invernadero comercial. El objetivo principal de este estudio fue verificar la capacidad de *T. asperellum* para producir AIA y desarrollar un método de análisis utilizando Cromatografía Líquida de Alta Resolución (HPLC), el cual es el método más utilizado para analizar los reguladores del crecimiento en plantas. El método puesto a punto para cuantificar el contenido de AIA por HPLC resultó ser sensible, preciso y exacto en el intervalo de concentración estudiado y permitió observar que la cepa nativa *T. asperellum* es productora de

AIA el análisis permitió cuantificar en etapas tempranas del muestreo desde pequeñas concentraciones denominadas como trazas hasta cantidades que van de 0.6 ppm a 0.9 ppm, en etapas más avanzadas del crecimiento microbiano; caso contrario con el triptófano ya que a medida que avanza el tiempo se degrada por ser utilizado para sintetizar AIA, estos resultados sugieren una asociación benéfica entre planta microorganismo, donde el AIA sintetizado es tomado por la planta y junto con el AIA endógeno de la planta puede estimular la división y alargamiento de la célula (Romero et al., 2011).

#### **2.2.10. Bacillus**

##### ➤ **Taxonomía de Bacillus**

Fritze (2004), da a conocer la taxonomía de la bacteria:

Reino: Bacteria

Phylum: Firmicutes

Clase: Bacilli

Orden: Bacillales

Familia: Bacillaceae

Género: Bacillus

Especies: *B. subtilis*.

##### ➤ **Investigaciones de Bacillus subtilis**

En este trabajo se destacan las capacidades de Bacillus para favorecer el crecimiento de las plantas y controlar patógenos. Bacillus ha demostrado habilidades como la producción de fitohormonas como las auxinas, el control biológico con antibióticos y enzimas, la solubilización de fosfatos y la fijación de nitrógeno. También se menciona el riesgo potencial de usar Bacillus como

biofertilizantes en la agricultura, junto con marcadores de patogenicidad para detectar genes asociados a la virulencia en este género. Se exponen los estudios realizados que demuestran el efecto de especies de este género en diferentes cultivos de interés económico. (Tejera et al., 2011)

Existe un amplio número de géneros bacterianos que están considerados bacterias promotoras del crecimiento vegetal (BPCV) tales como: *Pseudomonas*, *Burkholderia*, *Bacillus*, *Azospirillum*, *Herbaspirillum*, *Enterobacter*, *Azotobacter*, entre otros. (Karakurt y Aslantas, 2010)

El género *Bacillus* cuenta con más de 50 especies identificadas. No obstante, debido a la diversidad de criterios de clasificación, sigue siendo uno de los grupos más diversos en términos taxonómicos. Esto ha incluido a la sugerencia que eventualmente este puede ser dividido en al menos tres géneros. (Lara, 2000)

En múltiples investigaciones se ha observado que las BPCV que capturan nitrógeno o liberan fósforo mejoran el desarrollo y el rendimiento a largo plazo de cultivos como albaricoques, cacahuetes y manzanas. Pruebas preliminares con manzanas indicaron que una pequeña cantidad de bacterias estimuló el crecimiento de las plantas y también influyó en las hojas, aumentando su valor nutricional. Estas bacterias son importantes debido a los efectos que ejercen sobre el suelo, lo que favorece a una mayor disponibilidad de nutrientes y un mejor crecimiento y desarrollo de las plantas (Karakurt y Aslantas, 2010). En el cultivo de cereza la inoculación

de una cepa de Bacillus presento potencial para aumentar la calidad de la fruta (Akca y Ercisli, 2010).

### **2.2.11. Generalidades del cultivo de la lechuga**

#### **➤ Origen e historia**

La lechuga, proveniente de especies silvestres y domesticada, es un cultivo ampliamente usado en ensaladas y como decoración en platos especiales globalmente. Herodoto, en sus escritos del año 550 AC, menciona que la lechuga era parte de las mesas reales Persas y posteriormente fue descrita por muchos otros autores tales como: Hipócrates, Aristóteles y Galileo, entre los cuales algunos le atribuyen propiedades medicinales a esta popular planta (Davis et al. 2002).

La lechuga no tiene un origen definitivamente establecido, pero se cree que como cultivo que ha sido domesticado y cultivado por humanos, probablemente se originó en la costa sur y sureste del Mar Mediterráneo, desde Egipto hasta Asia menor. Esta hipótesis se fundamenta en la presencia en esta región de una variedad primitiva de lechuga, casi en estado silvestre. Otra evidencia de esta teoría se basa en la existencia de pinturas en las tumbas egipcias, que datan de los 4 500 A.C. en las cuales se aprecian un tipo de planta de lechuga que se asemeja grandemente a la que actualmente se cultiva que Egipto (Davis et al. 2002; Biamonte et al. 1984).

#### **➤ Fenología del cultivo**

Según la Universidad de Valladolid (2012), el ciclo de desarrollo de la lechuga se compone de cuatro etapas:

Fase inicial: Inicia con la germinación de la semilla y la aparición de la radícula y los cotiledones. Luego, se observa un crecimiento radicular seguido de la aparición de 3 a 4 hojas verdaderas. Esta etapa dura aproximadamente de 3 a 4 semanas.

Fase de formación de la roseta: Durante esta fase, la lechuga desarrolla nuevas hojas y se forma una roseta con alrededor de 12 a 14 hojas. Se produce un acortamiento de los pecíolos y una disminución en la relación largo-ancho de los folíolos. Esta etapa tiene una duración de 3 a 4 semanas.

Fase de formación de la cabeza: En esta etapa, las hojas se vuelven más anchas que largas y adquieren una curvatura en el eje de la nervadura central. Las hojas recién formadas quedan envueltas por las hojas previamente desarrolladas. Esta fase dura de 2 a 3 semanas.

Fase de floración: Durante esta última etapa, la calidad de la cabeza de lechuga disminuye, las hojas se tornan amargas, alargadas y el tallo comienza a elongarse. Posteriormente, se produce la emisión de las inflorescencias.

➤ **Descripción botánica**

La lechuga es una planta perteneciente a la familia de las compositae, que posee una raíz pivotante, con numerosas raíces laterales, las cuales se desarrollan principalmente en la parte superficial del suelo, sobre los primeros 30 centímetros de profundidad (Tarigo et al. 2004).



Las plantas tienen un tallo corto y sus hojas se agrupan en una forma circular llamada roseta, que cambia en tamaño, forma, textura y color según la variedad. Cuando alcanzan la madurez comercial y el clima es óptimo, desarrollan un tallo floral que puede alcanzar entre 1 y 1,2 metros de altura, dependiendo de la variedad. La inflorescencia se compone en capítulos de 15 a 25 flores cada uno y con una coloración amarillenta (Galván et al. 2008).

➤ **Manejo agronómico del cultivo de lechuga**

a) Preparación del suelo

El suelo debe prepararse convenientemente con una remoción de capas, el texto original menciona la importancia de mejorar las características físicas de los suelos superficiales mediante enmiendas orgánicas. Esto busca obtener una calidad óptima en el desarrollo radicular superficial. Además, se describe el proceso de preparación del suelo que incluye surcado, formación de camas o camellones, y la utilización de acolchado orgánico para controlar malezas y mejorar la humedad, lo que facilita la cosecha con raíces limpias. Los acolchados plásticos también puede ser una buena opción de cobertura, pero este caso es especialmente para lugares con climas fríos, ya que se eleva la temperatura del suelo y se logra promover ciclos más cortos con plantas muy uniformes (Informativo Agrícola, 2003).

b) Almácigos

Noguera (2004) menciona que esta tecnología es comúnmente empleada en plantaciones pequeñas debido a su necesidad de

mano de obra, lo que la hace costosa en áreas extensas. Para la germinación de las semillas, se aconseja el uso de bandejas de poliestireno con 294 compartimentos, sembrando cada semilla a 5 mm de profundidad. Una vez que transcurren entre 30-40 días las plántulas de lechuga estarán listas para ser plantadas, en este momento deben tener entre 5-6 hojas verdaderas y una altura de 8 cm desde el cuello del tallo, hasta las puntas de las hojas (Infoagro, 2013).

#### c) Trasplante

Para la realización del trasplante las plantas deben tener una altura de entre 8 a 10 cm, se debe de humedecer la tierra o el sustrato de las bandejas, para lograr desprender las plántulas con laya u horqueta de tierra, con el fin de separarlas sin dañar el sistema radicular de las mismas (Torres, 2003).

El método más común de siembra es el sistema de surcos a ambos lados, aunque en pequeñas producciones como huertos caseros, también se emplea la plantación en platabandas o tablón. La distancia de siembra, para los caballetes se traza a 60 o 65 cm de distancia entre ellos y las plantas, se disponen a ambos costados, sobre la marca que deja el riego, esto a unos 15 o 25 cm sobre las líneas. (Imbaquingo, 2013)

En el caso de las platabandas o tablones (sistemas donde se utilizan varias filas de plantas por cada tablón), son de 1,5 o 2 m de ancho, en las cuales se marcan las líneas a 25 o 30 cm de

distancia, quedando las plantas a 15 o 25 cm entre sí. (CRATE, 2011)

#### d) Riego

La lechuga a pesar de ser un cultivo que no soporta la sequía, no obstante, si existe exceso de humedad en el suelo se puede dar la aparición de podredumbres en el cuello de las platas. Entre los métodos de riego disponibles, el riego por goteo y las cintas de exudación son altamente recomendados para este tipo de cultivo. Estos sistemas pueden automatizarse con programadores para mejorar su eficacia. Además, es importante ajustar la cantidad de agua según el clima y la fase de desarrollo de las plantas. De forma general los riegos deben ser diarios en la primera semana y posteriormente se deben realizar al menos tres veces por semana, la cantidad de agua a utilizar como se mencionó anteriormente varía de acuerdo con las condiciones climáticas y al tipo de suelo (Infoagro, 2013). La cantidad debe ser tal que la plantación nunca pase sed, pero no pueden ser excesivos para que no se produzca encharcamientos, pues la lechuga no es tolerante a esta condición (Noguera, 2004).

#### e) Fertilización

Este es un cultivo que presenta alta variación en cuanto a los requerimientos nutricionales dependiendo del tipo de lechuga que se esté utilizando, del volumen y tamaño de crecimiento y del tipo a cultivar. La planta necesita una fertilización intensiva antes del trasplante y durante su crecimiento para aprovechar al

máximo su corto ciclo de desarrollo. Esto implica una base sólida de nutrientes antes del trasplante, seguida de aplicaciones adicionales durante el crecimiento, utilizando fertirriego, drenching o aplicaciones foliares según sea necesario. En base a un análisis de suelo, el clima de la zona, la duración del ciclo y las características de la variedad a cultivar, se podría plantear un plan de fertilización, del cual el 70 - 80 % del requerimiento se incorpore al suelo en la preparación de este y la fertilización restante, se adicione en las tres primeras semanas del ciclo después del trasplante (Vallejo y Estrada, 2004).

Es esencial considerar el estado del suelo para optimizar la absorción de nutrientes por las plantas; en terrenos ácidos, se requiere la utilización de enmiendas para mejorar esta absorción. En cuanto a los elementos menores como el boro, zinc y cobre, existen zonas en donde los suelos poseen un bajo contenido de estos y por lo tanto deben ser suministrados durante las primeras dos o tres semanas del ciclo después del trasplante (Imbaquingo, 2013).

f) Problemas fitosanitarios

Según Infoagro (2003), la lechuga es un cultivo que no tolera la competencia con las malas hierbas, por lo que el control de las mismas debe de ser constante cada vez que aparezcan en el campo, este control debe de realizarse de manera integrada tratando de minimizar al mínimo el impacto ambiental, además se debe de tener en cuenta que en el periodo próximo a la

recolección de las lechugas, las malas hierbas deben ser eliminadas, ya que pueden crear un ambiente propicio para el desarrollo de enfermedades que podrían invalidar el cultivo.

Lucero (2012), menciona que las tres primeras semanas después del trasplante, cumplen el periodo crítico de competencia y resaltan el acolchado con materia orgánica, o plástico como una buena opción para el control de malezas.

Durante los primeros días después del trasplante, se pueden usar herramientas como el azadón y palas para eliminar las malas hierbas. Sin embargo, si persisten los problemas de malezas en días posteriores, es preferible realizar la limpieza de manera manual para no perjudicar las hojas de la planta cultivada. Por esta razón una adecuada distribución del cultivo en el campo puede cubrir adecuadamente la superficie, evitando la aparición de malas hierbas y reducir el daño por estas prácticas. (Vallejo y Estrada, 2004)

De acuerdo con Langlais y Ryckewaert (2002), las plagas principales en este cultivo son las moscas minadoras y las larvas de diversas especies. Para combatirlas, se recomienda aplicar tratamientos preventivos: contra la mosca minadora, 2 días antes de la siembra y entre 5 y 7 días después del trasplante; y para las larvas, justo antes de que el repollo se cierre.

Según FAO (2002), hay tres principales patógenos que afectan a las lechugas:

- a) *Bremia* (*Bremia lactucae*), conocido como mildiu de la lechuga, cubre las hojas con un micelio blanco y las deteriora.
- b) *Botrytis* (*Botrytis cinerea*; *Botryotinia fuckeliana*) causa una podredumbre gris en las hojas.
- c) *Sclerotinia* (*Sclerotinia sclerotiorum* o *Sclerotinia minor*) ataca el tallo desde el suelo, marchitando y matando la planta rápidamente. El control requiere desinfección del suelo. En general para el control de estas tres enfermedades se deben medir los excesos de agua, ya que los fungicidas solo deben usarse como último recurso, para evitar la acumulación de residuos en las hojas, ya que este es un cultivo de ciclo muy acelerado. (FAO, 2002)

g) Cosecha

En el momento de la cosecha los principales índices de madurez utilizados son el tamaño del producto, la compactación de la cabeza o grado de arpeollamiento y el tiempo transcurrido desde el trasplante, este último varía de acuerdo al cultivar utilizado, la zona de producción y a factores climáticos. La lechuga está lista para la cosecha cuando al presionar su cabeza con la mano se necesita una fuerza moderada para comprimirla, lo que indica su grado de compactación adecuado. En la corta, se debe de tomar la lechuga con una mano y con un cuchillo filoso se corta a ras del suelo, se eliminan las hojas sucias,

quemadas por el sol, enfermas y con cualquier otro daño.  
(Cerdas y Montero, 2004)

Como media se considera que para la cosecha de estas variedades deben haber transcurrido entre los 90 a 100 días y el máximo que podría durar son 2 meses antes de que se comience a dar la subida de la flor y se amarguen por la producción de látex (Torres, 2002; citado por Cali, 2011).

➤ **Requerimientos edafoclimáticos de la lechuga**

Las temperaturas ideales para el cultivo varían según su estado de desarrollo: durante la germinación, se recomiendan temperaturas entre 18 y 20 °C, mientras que en la fase de crecimiento, se prefieren temperaturas diurnas entre 18 y 24 °C y nocturnas entre 5 y 8 °C. En la fase del acogollado, la temperatura debe de ser aún menor, de 12 °C durante el día y de 3-5 °C durante la noche (Axayacatl, 2012).

La lechuga es un cultivo que se adapta mejor a temperaturas bajas que altas, ya que la máxima temperatura que las variedades normalmente soportan son los 30 °C y la mínima es de 6 °C (Casaca, 2005).

De acuerdo con Suquilanda (1995), este tipo de plantación prospera mejor entre altitudes de 2500 a 3000 metros sobre el nivel del mar, aunque su rango óptimo está entre 2200 y 2600 m.s.n.m. En relación a la humedad, lo ideal es mantenerla entre el 60 y 80 %; no obstante, en ocasiones puede descender por debajo del 60 %. La lechuga al tener un sistema radicular muy reducido en comparación con la

parte aérea provoca que las mismas sean sensibles a la falta de humedad (Casaca, 2005).

Además, según Marschner (1995) citado por Delgado et al (2007), el exceso de humedad relativa afecta negativamente el desarrollo de este cultivo debido a que se reduce la transpiración de las plantas y por lo tanto la absorción de nutrientes y reduce la tasa de crecimiento de este.

La lechuga requiere un suelo relativamente húmedo, por lo que las precipitaciones recomendadas para este cultivo varían desde los 1 200 a los 1 500 milímetros anuales, esto porque la falta de humedad reduce el crecimiento de las plantas y desmejora la calidad de la producción (Suquilanda, 1995).

Según Lucero (2012), durante su ciclo vegetativo el requerimiento del cultivo de la lechuga es de 250 a 350 mm, si existe un exceso de humedad en este es muy perjudicial, debido a que favorece la proliferación de enfermedades fungosas y bacterianas.

La luminosidad es crucial para el cultivo de la lechuga, dado que esta planta requiere una cantidad significativa de luz. Si hay una falta de luz, las hojas se vuelven delgadas y la cabeza de la lechuga no se desarrolla adecuadamente, haciendo que las hojas se extiendan desordenadamente. Además, la luminosidad también afecta la productividad, color, sabor y textura (Barahona, 2000 y Lucero, 2012).

La lechuga es una planta que bajo condiciones de fotoperiodos largos (más de 12 horas) y altas temperaturas (más de 26 °C), emite



su tallo floral, condición que es a un mayor para las variedades de hojas sueltas que para las de cabeza compacta (Lucero, 2012).

Según el informe de Hydro Environment del año 2015, las plantas de lechuga necesitan recibir entre 12000 y 30000 lux de luz al día para su desarrollo óptimo.

Los requerimientos del cultivo en cuanto a suelo se basan en suelos aireados y con buena fertilidad, recomendable que sean nivelados y mecanizados o trabajados a una profundidad de 30 cm, esto con el fin de eliminar así fácilmente los excesos de humedad y evitar los encharcamientos, con el fin de evitar condiciones propicias para la generación de enfermedades (ProHuerta, 2013).

De acuerdo con la investigación de Casaca en 2005, la lechuga no tolera la sequía en ninguna circunstancia. Aunque este cultivo prefiere condiciones húmedas, es propenso a enfermedades, especialmente en suelos muy ácidos, para los cuales se recomienda la encaladura, ya que el pH ideal oscila entre 6,7 y 7,4.

➤ **Tipos de lechuga**

Según lo indicado por Cerdas y Montero en el año 2004, las lechugas se pueden categorizar en tres grupos según su patrón de crecimiento: lechugas de cabeza, de hoja suelta y variedades cos. Las lechugas que forman cabeza o también llamadas “lechugas arrelladas” son las que principalmente se encuentran en el mercado, las lechugas de hoja no forman una cabeza compacta y las lechugas cos son también llamadas orejonas, debido a que forman

una cabeza ovalada que es intermedia entre la lechuga de cabeza y la de hoja suelta (López, 2001; citado por Vega, 2013).

### **2.3. Definición de términos básicos**

- a. Trichocastle es un compuesto agrícola compuesto por hongos del suelo del tipo Trichoderma, que se destacan por su capacidad de actuar como saprófitos o parásitos, características que mejoran su capacidad de oponerse a otras formas de vida. Es considerado un colonizador secundario dado su frecuente aislamiento a partir de materia orgánica en descomposición, también es aislado comúnmente a partir de la superficie de raíces de varias plantas de madera y parasitando estructuras de diferentes hongos patógenos, debido a la competencia por nutrientes y micoparasitismo (Camargo, 2005).
- b. Basu Producto agro biológico del género Bacillus, bacteria promotora de crecimiento de plantas, habitan en la raíz que estimulan significativamente en el desarrollo de la planta (FAO, 2000).
- c. Microorganismos Antagonistas Los microorganismos antagonistas (bacterias, levaduras y hongos) tienen la capacidad de ejercer un efecto de control biológico sobre diferentes patógenos de interés y se han empleado para controlar diversas enfermedades en frutos y vegetales (De Costa y Erabadupitiya, 2005; Wisniewski y Wilson, 1992).
- d. Los microorganismos que fomentan el crecimiento de las plantas, también llamados PGPR, son promotores del crecimiento vegetal. Estos microorganismos son habitantes de la rizósfera y dentro de sus funciones participan favoreciendo el desarrollo radicular, la fijación del nitrógeno atmosférico, la solubilización del fosforo del suelo, la producción de ácidos

orgánicos que estimulan la solubilidad de varios nutrientes indispensables para las plantas (Puente et al., 2010).

## **2.4. Formulación de hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis general**

Si aplicamos diatomeas, microorganismos eficientes, trichocastle y basu a la lechuga variedad seda, entonces se tiene efecto significativo en el desarrollo vegetativo y rendimiento.

### **2.4.2. Hipótesis específica**

- a. Si aplicamos diatomeas, microorganismos eficientes, trichocastle y basu a la lechuga variedad seda, entonces se tiene efecto significativo en el desarrollo vegetativo.
- b. Si aplicamos diatomeas, microorganismos eficientes, trichocastle y basu a la lechuga variedad seda, entonces se tiene efecto significativo en el rendimiento.

## **2.5. Identificación de variables**

### **a. Variable independiente**

Diatomeas

Microorganismos eficientes (EM)

Trichocastle (*Trichoderma harzianum*, *T. viride*, *T. asperellum*).

Basu (*Bacillus subtilis*)

### **b. Variable dependiente**

Desarrollo vegetativo y rendimiento del cultivo de lechuga variedad seda.

## 2.6. Definición operacional de variables e indicadores

**Tabla 1** Operacionalización de las variables

Variables	Sub variables	Indicadores
Variable Independiente		Diatomeas (T1)
Diatomeas		Microorganismos eficientes (T2)
Microorganismos eficientes	Agrobiológicos	Trichocastle (T3)
Trichocastle		Basu (T4)
Basu		Dosis de aplicación: T1 = 400 g T2 = 300 ml T3 = 300 ml T4 = 420 g T5= Testigo sin aplicación
Variable Dependiente		Desarrollo vegetativo y
El cultivo de Lechuga ( <i>Lactuca sativa</i> L.)	Manejo agronómico	rendimiento del cultivo de lechuga variedad seda.
variedad seda		

Fuente: Elaboración propia 2018

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. Tipo de investigación**

La investigación es tipo aplicada, porque se recurrió a los principios de la ciencia de la microbiología, mediante uso de microorganismos (hongos y bacterias) inoculados al cultivo de lechuga variedad seda.

#### **3.2. Nivel de investigación**

Este estudio se llevó a cabo con una perspectiva explicativa, lo que facilitó la recopilación de datos fundamentales para profundizar en el tema. Se descubrieron nuevas explicaciones que ampliaron el entendimiento sobre las técnicas agrícolas utilizadas en el cultivo orgánico de lechugas.

#### **3.3. Métodos de investigación**

Durante la investigación, se emplearon distintos enfoques metodológicos. El método científico se utilizó para plantear el problema, desarrollar el marco teórico, deducir secuencias específicas, probar hipótesis y llegar a conclusiones. Además, se emplearon métodos documentales y bibliográficos para recopilar información sobre indicadores de cultivo de

lechuga, revisando artículos científicos y comparándolos con los resultados obtenidos. Asimismo, se aplicó un método estadístico para recopilar, organizar, codificar, tabular, presentar, analizar e interpretar los datos de la muestra de estudio.

### 3.4. Diseño de investigación

El diseño de investigación experimental utilizado fue Diseño Bloque Completo al Azar (DBCA), con 5 tratamientos y 4 repeticiones, se aplica cuando el material es heterogéneo. las unidades experimentales homogéneas se agrupan formando grupos homogéneos llamados bloques.

Modelo matemático o lineal.

Cada observación del experimento es expresada mediante una ecuación lineal en los parámetros, el conjunto conforma el modelo para el diseño de bloques completos al azar:  $X_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + e_{ij}$

$X_{ij}$  = Es la expresión del cultivo de lechuga

$\mu$  = Es la media de la población.

$\alpha_i$  = Efectos de los tratamientos (aplicación de Agrobiológicos)

$\beta_j$  = Representa el efecto del bloque.

$e_{ij}$  = Es el efecto del error.

**Tabla 2** Análisis de varianza

Fuente de Varianza (F.V.)	Grados de libertad (G.L.)
Tratamientos	(t-1)
Bloques o repeticiones	(r-1)
Error experimental	(r-1) (t-1)
Total	(tr-1)

Fuente: Elaboración propia 2018

### **3.5. Población y muestra**

- a. Población: La población estuvo constituida por 480 plantas de lechuga variedad seda que se emplearon en el experimento.
- b. Muestra: La muestra estuvo constituida por 8 plantas de lechuga variedad seda en cada unidad experimental, haciendo un total de 160 plantas. La muestra fue tomada de los dos surcos centrales para evitar el efecto de borde.

### **3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Las técnicas e instrumentos que se utilizaron en la investigación fueron:

- a. Observación directa o sistemática. - El cultivo de lechuga al ser aplicado por los agrobiológicos, fueron observados durante el manejo del cultivo de lechuga para conocer su respuesta en cuanto al desarrollo vegetativo y rendimiento. Se usaron la cámara fotográfica.
- b. Ficha de registro de datos de los indicadores en estudio. - Se registraron los datos de las variables en estudio, tal como se presenta durante el desarrollo vegetativo y rendimiento del cultivo de lechuga. Se usaron el cuaderno de campo y tabla de registro.

### **3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación**

El trabajo de investigación por su naturaleza de ser experimental y por desarrollarse en el campo, se elaboraron tabla de registro y los datos de campo fueron validados por el asesor y los miembros de jurados de la tesis durante la supervisión de la misma.

### **3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

Las técnicas y procesamiento de datos se efectuaron con el paquete Estadístico InfoStat, prueba de comparación múltiple de Duncan.

### 3.9. Tratamiento estadístico

Los tratamientos en estudios son la inoculación de los agrobiológicos (Diatomea, Microorganismos eficientes, Trichocastle, Basu), para obtener respuesta del desarrollo vegetativo y rendimiento de la lechuga, se indica en la tabla 3.

**Tabla 3** Aplicación de los agrobiológicos en estudio

Trat.	Agrobiológicos	Dosis	Frecuencia de Aplicaciones
T1	Diatomeas	400 g	2
T2	Microorganismos Eficiente (EM)	300 ml	2
T3	Basu	300 ml	2
T4	Trichocastle	420 g	2
T5	Testigo (sin aplicación)	-----	... ---

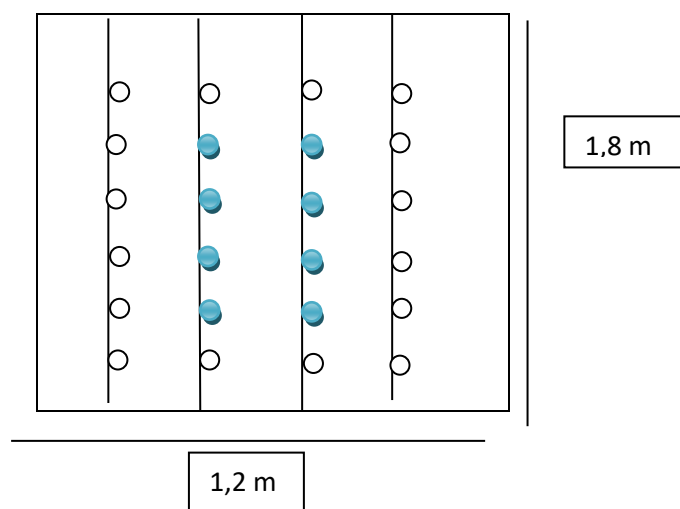
Fuente: Elaboración propia 2018

#### Características del experimento

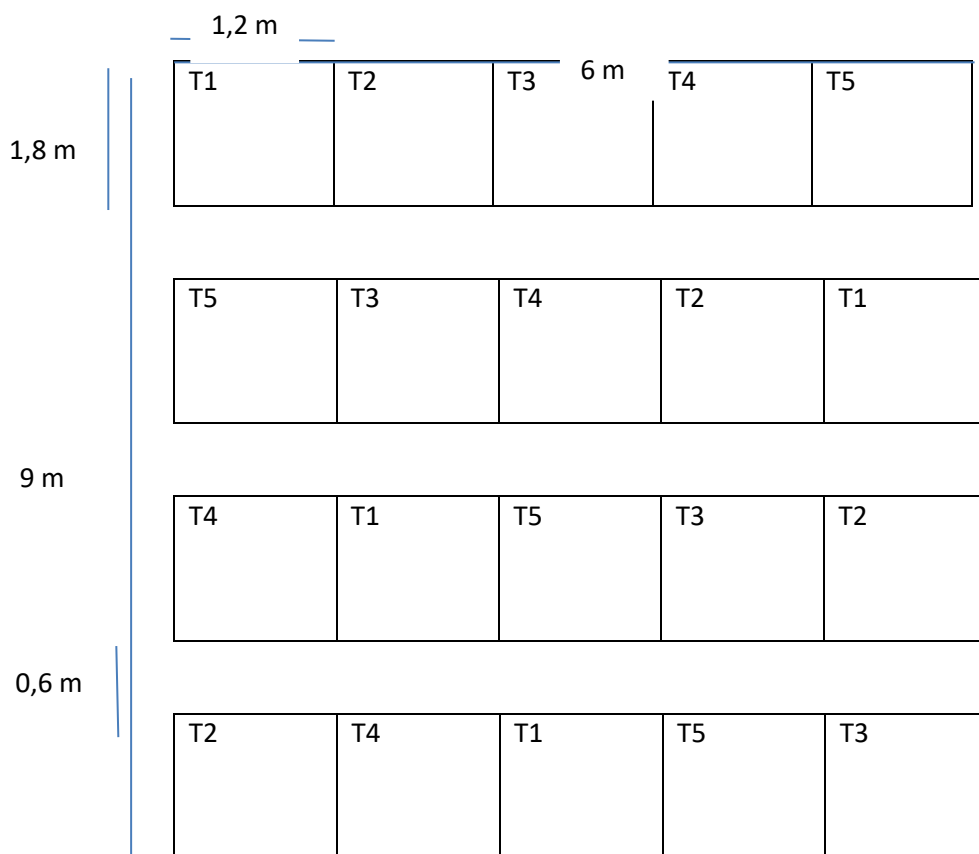
Área de la Parcela	: 2,16 m <sup>2</sup> .
Largo de la Parcela	: 1,80 m
Ancho de la Parcela	: 1,20 m
Área Total Experimental	: 54 m <sup>2</sup>
Largo de la parcela	: 9 m
Ancho de la parcela	: 6 m
Distanciamiento entre planta	: 30 cm
Distanciamiento entre surco	: 30 cm
Número de plantas/línea	: 6
Número de línea /parcela	: 4



### Croquis de la Parcela



### Croquis del experimento



### 3.10. Orientación ética filosófica y epistémica

Los principios éticos fueron aplicados al informar inicialmente el propósito de la investigación, obtener permiso, seguir las normativas de la

UNDAC, proteger la confidencialidad al no revelar identidades ni las fuentes de información, solicitar el consentimiento explícito de los participantes para colaborar, evitar exclusiones arbitrarias en la recopilación de datos, con el objetivo de analizar los resultados de manera crítica y objetiva y, de ser necesario, proponer modificaciones significativas.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **4.1. Descripción del trabajo de campo**

##### **4.1.1. Productos agrobiológicos (diatomeas, microorganismos eficientes, trichocastle y basu)**

Se adquirió mediante compra a la empresa Organic Product, La frecuencia de aplicación fue en dos momentos, la primera en las bandejas (Diatomeas 50 g, Microorganismos eficientes 50 ml, Trichocastle 50 g y Basu 50 ml) y la segunda a los 15 días después del trasplante (Diatomeas 350 g, Microorganismos eficientes 250 ml, Trichocastle 370 g y Basu 250 ml).

##### **4.1.2. Procedimiento experimental**

###### **a. Muestreo para el análisis de suelo del medio experimental**

Se obtuvo una muestra de un kilogramo de suelo al inicio y final del experimento, con la finalidad de ver la carga de microorganismos.

El análisis fue realizado en el laboratorio de la Estación Experimental INIA Santa Ana Huancayo (Anexo 03).

###### **b. Preparación y demarcación del terreno**

El terreno en su preparación fue picado con la ayuda de un pico, nivelado con el rastrillo y surcado manualmente con el azadón dejando listo para el trasplante, luego se procedió a demarcar el área del terreno, respetando los distanciamientos planteados en el proyecto.

**c. Procedencia de la semilla de la lechuga**

La semilla de la lechuga variedad seda es certificada por lo que fue adquirido de la ciudad de Tarma de la tienda agroquímica "Manrique"

**d. Almacigado y riego**

Se utilizó una combinación de arena (25%), compost (35%) y tierra negra (40%) como sustrato para promover el crecimiento de las plántulas. El riego se llevó a cabo con un aspersor de un litro para evitar el ahogamiento de las plántulas durante la fase de germinación.

**e. Trasplante de plántulas de lechuga**

El trasplante al campo definitivo fue cuando las plantas tuvieron dos hojas verdaderas. Se trasplantaron 20 plántulas por unidad experimental a un distanciamiento de 0,30 m por surco y 0,30 m por planta.

**f. Abonamiento**

Se utilizó como abono orgánico de fondo, el estiércol de ovino a la dosis de 3 kg/m<sup>2</sup> (1.5 kg/ U.E.)

**g. Control de malezas**

Se realizó el control de malezas manualmente con la ayuda de un azadón, de acuerdo con la necesidad de la presencia de malezas.

**h. Riegos**

Se realizaron riegos diarios los 5 primeros días después del trasplante para asegurar el prendimiento de las plántulas. Luego fueron los riegos de acuerdo con la necesidad del cultivo.

**i. Control fitosanitario**

Con la finalidad de controlar la presencia de moluscos especie *Agriolimax reticulatus* y se utilizó el producto Halisan a la dosis de 162 g/54 m<sup>2</sup>, posteriormente en el desarrollo del cultivo no se tuvo problemas de insectos y enfermedades.

**j. Cosecha**

La cosecha se realizó con la ayuda de un cuchillo haciendo el corte en la base, teniendo en consideración cuando las plantas alcanzaron su madurez, altura adecuada y buena conformación.

**4.1.3. Datos a registrar**

Se tomaron notas de las características observadas en el proyecto durante el crecimiento de la lechuga y su producción, utilizando herramientas como un cuaderno de campo y una tabla de registro.

**Desarrollo vegetativo de la lechuga**

**a. Altura de planta**

El desarrollo del cultivo se examinó dos veces, a los 20 y 90 días después del trasplante. Se evaluaron 8 plantas por cada tratamiento y se empleó una

regla para medir la distancia desde la base del tallo hasta la punta de la planta.

**b. Diámetro de la cabeza de la planta**

Durante el proceso de cultivo, se llevaron a cabo evaluaciones en dos etapas: a los 20 y 90 días después del trasplante. En cada etapa, se evaluaron 8 plantas por tratamiento, utilizando una regla para medir el diámetro de las plantas.

**Rendimiento de la lechuga**

**a. Números de hojas a la cosecha**

Se contaron todas las hojas de cada planta, desechando las hojas basales, evaluando 8 plantas por tratamiento al momento de la cosecha.

**b. Peso de planta por tratamiento**

Se pesaron cada una de las plantas, teniendo en consideración 8 plantas de cada tratamiento al momento de la cosecha, para lo cual se usó una balanza, registrándose en gramos.

**Materiales**

Los materiales que se emplearon en la ejecución del trabajo de investigación fueron:

**a. Materiales de escritorio**

Libreta de campo.

Lápiz.

Plumones.

Bolígrafos.

USB.

CD.

b. Equipos

Balanza.

Cámara fotográfica.

Computadora.

Calculadora científica.

Laptop.

c. Material de campo

Estacas de madera.

Cinta métrica.

Pita.

Cordel.

Cal.

Letreros.

Azadón.

Rastrillo.

Mochila.

d. Material Biológico

Semillas de Lechuga.

Trichocastle (*Trichoderma harzianum*, *T. viride*, *T. asperellum*).

Diatomeas (algas marinas)

Microorganismos eficientes (EM)

Basu (*Bacillus subtilis*)

## 4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

### 4.2.1. Desarrollo vegetativo

#### a. Altura de planta a los 20 días después del trasplante

En la tabla 4, en el análisis de varianza de altura de planta a los 20 días después del trasplante, se refiere a la significación del valor “F” para tratamientos y bloques. La significancia para tratamientos y bloques la  $F_c < F_t$  al nivel de 0,05 y 0,01 por lo tanto no existe diferencia significativa. Con coeficiente de variabilidad de 16,47 % lo cual según Calzada nos indica confiabilidad en los resultados.

**Tabla 4** Análisis de varianza de altura de planta a los 20 días

F.V.	gl	SC	CM	Fc	Ft		NS
					0,05	0,01	
Tratamientos	4	4,41	1,1	0,59	3,26	5,41	ns
Bloques	3	4,98	1,66	0,88	3,49	5,95	ns
Error	12	22,56	1,88				
Total	19	31,94					

C. V. 16.47 %

En el cuadro 05 basados en la salida dada por la Prueba de Duncan, se puede confirmar que los tratamientos no presentan diferencias estadísticas significativas al nivel de significancia de 0,05.

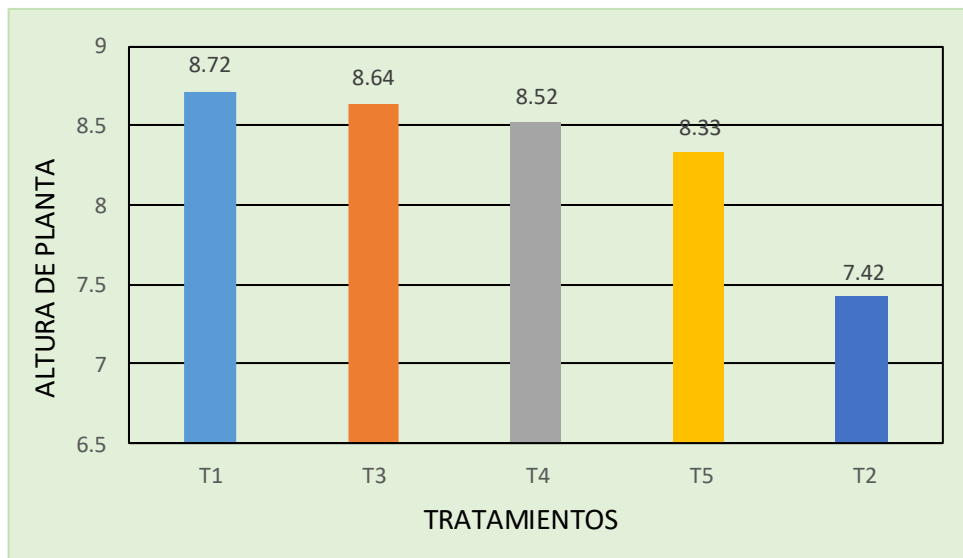
**Tabla 5** Prueba de Duncan de altura de planta a los 20 días

Tratamientos	Promedios (cm)	Significación 0,05
T1	8,72	A
T3	8,64	A
T4	8,52	A
T5	8,33	A
T2	7,42	A



Al nivel de significancia de 0,05 el tratamiento T1 alcanzo mayor altura de planta ocupando el primer lugar en referencia a los tratamientos T5 (testigo) y T2 que ocupo el último lugar. Siendo el mejor tratamiento el T1 con 8,72 cm de altura de planta con la aplicación del agrobiológico Diatomea con 400 g/3 L de agua.

En la figura 01, altura de planta a los 20 días después del trasplante, en promedio fue desde 7,42 cm hasta 8,72 cm siendo inferior el T2 con respecto al T1 y demás tratamientos en estudio.



**Figura 1** Altura de planta a los 20 días después del trasplante

b. Altura de planta a los 90 días después del trasplante

En la tabla 6, en el análisis de varianza altura de planta a los 90 días después del trasplante, se refiere a la significación del valor “F” para tratamiento y bloqueo. La significancia para tratamientos la  $F_c > F_t$  al nivel de 0,05 y 0,01 por lo tanto existe diferencia significativa entre los tratamientos, o que por lo menos uno de los tratamientos tiene promedio diferente estadísticamente. El efecto de bloques no

es significativo. Con coeficiente de variabilidad de 6,54 % lo cual según Calzada nos indica confiabilidad en los resultados.

**Tabla 6** Análisis de varianza de altura de planta a los 90 días

F.V.	gl	SC	CM	Fc	Ft		NS
					0,05	0,01	
Tratamientos	4	15,71	3,93	4,89	3,26	5,41	*
Bloques	3	6,63	2,21	2,75	3,49	5,95	ns
Error	12	9,63	0,8				
Total	19	31,97					

C.V. 6,54 %

En el Tabla 07 basados en la salida dada por la Prueba de Duncan, se puede confirmar que los tratamientos tienen diferencias estadísticas significativas al nivel de significancia de 0,05.

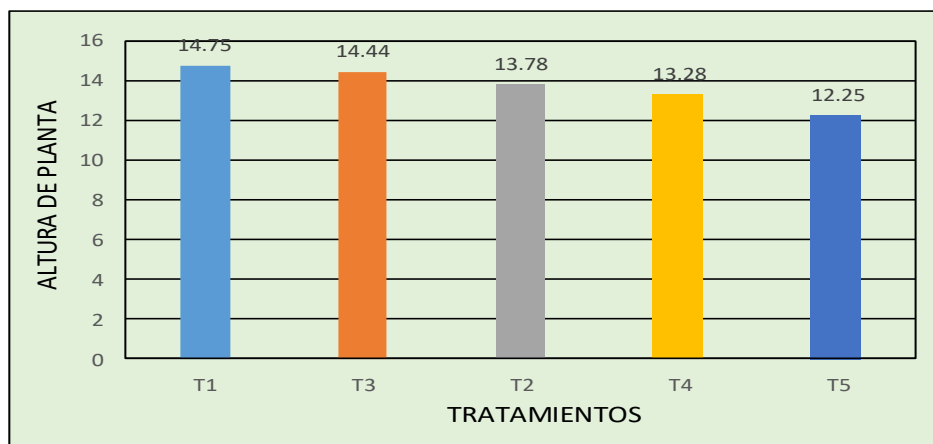
**Tabla 7** Prueba de Duncan de altura de planta a los 90 días

Tratamientos	Promedios (cm)	Significación 0,05
T1	14,75	A
T3	14,44	A
T4	13,78	A
T5	13,28	A B
T2	12,25	B

Para el nivel de significancia del 0,05 los tratamientos T1, T3, T4 y T5 no muestran diferencia estadística significativa alcanzando altura de planta similares; los tratamientos T5 y T2 no se diferencian significativamente; sin embargo, los tratamientos T1, T3 y T4 muestran diferencias significativas con el tratamiento T5 y T2;

siendo el mejor tratamiento el T1 con 14,75 cm en promedio cuando se aplicó el agrobiológico Diatomea con 400 g/3 L de agua.

En la figura 02, altura de planta a los 90 días después del trasplante, en promedio fue desde 12,25 cm hasta 14,75 cm siendo inferior el T5 con respecto al T1 y demás tratamientos en estudio.



**Figura 2** Altura de planta a los 90 días después del trasplante

c. Diámetro de la cabeza de la lechuga a los 20 días después del trasplante

En la tabla 8, en el análisis de diámetro de la cabeza de la lechuga a los 20 días después del trasplante, se refiere a la significación del valor “F” para tratamiento y bloque. La significancia para tratamientos y bloques la  $F_c < F_t$ , al nivel de 0,05 y 0,01 por lo tanto, no existe diferencia estadística significativa. Con coeficiente de variabilidad de 20,49 % lo cual según Calzada nos indica confiabilidad en los resultados.

**Tabla 8** Análisis de varianza del diámetro de la cabeza de la lechuga a los 20 días

F.V.	gl	SC	CM	Fc	Ft		NS
					0,05	0,01	
Tratamientos	4	4,12	1,03	0,18	3,26	5,41	ns
Bloques	3	4	1,33	0,23	3,49	5,95	ns
Error	12	70,17	5,85				
Total	19	78,29					

C. V. 20.49 %

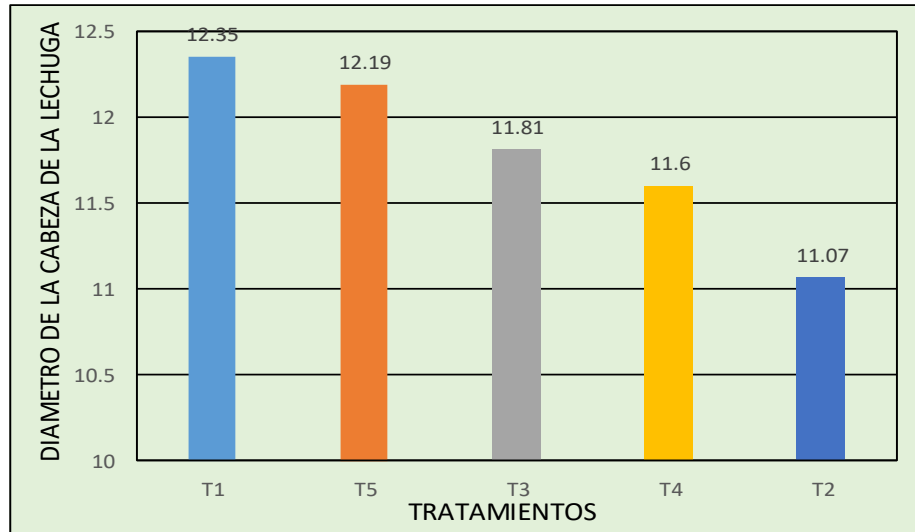
En la tabla 9 basados en la salida dada por la Prueba de Duncan, se puede confirmar que los tratamientos no presentan diferencias estadísticas significativas al nivel de significancia de 0,05 en referencia al diámetro de la cabeza de la lechuga.

**Tabla 9** Prueba de Duncan del diámetro de la cabeza de la lechuga a los 20 días

Tratamientos	Promedios (cm)	Significación 0,05
T1	12,35	A
T5	12,19	A
T3	11,81	A
T4	11,6	A
T2	11,07	A

Para el nivel de significancia de 0,05 el tratamiento T1 ocupó el primer lugar alcanzando mayor diámetro de la cabeza de la lechuga, con respecto al tratamiento T2 que ocupó el último lugar. Siendo el mejor tratamiento el T1 con 12,35 cm cuando se aplicó el agrobiológico Diatomea con 400 g/3 L de agua.

En la figura 03, diámetro de la cabeza de la lechuga a los 20 días después del trasplante, en promedio fue desde 11,07 cm hasta 12,35 cm siendo inferior el T2 con respecto al T1 y demás tratamientos en estudio.



**Figura 3** Diámetro de la cabeza de la lechuga a los 20 días después del trasplante

d. Diámetro de la cabeza de la lechuga a los 90 días después del trasplante

En la tabla 10, en el análisis de varianza diámetro de la cabeza de la lechuga a los 90 días después del trasplante, se refiere a la significación del valor “F” para tratamiento y bloqueo. La significancia para tratamientos la  $F_c > F_t$  al nivel de 0,05 y 0,01 por lo tanto, existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos, o que por lo menos uno de los tratamientos tiene promedio diferente estadísticamente. El efecto de bloques no es significativo. Con coeficiente de variabilidad de 4,24 % lo cual según Calzada nos indica confiabilidad en los resultados.

**Tabla 10** Análisis de varianza del diámetro de la cabeza de la lechuga a los 90 días

F.V.	gl	SC	CM	Fc	0,05	Ft	NS
Tratamientos	4	11,7	2,93	7,37	3,26	5,41	**
Bloques	3	0,38	0,13	0,32	3,49	5,95	ns
Error	12	4,76	0,4				
Total	19	16,84					

C. V. 4,24 %

**Tabla 11** Prueba de Duncan de diámetro de la cabeza de la lechuga a los 90 días

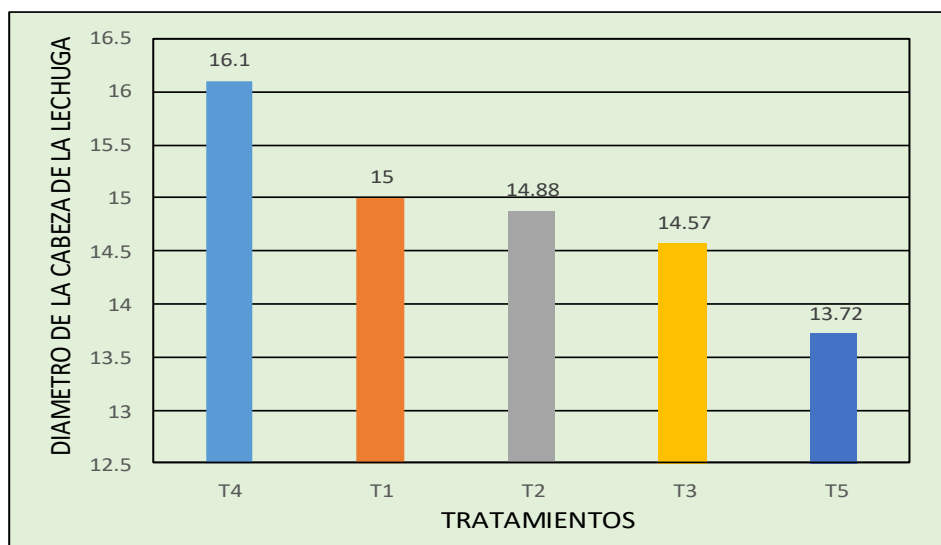
Tratamientos	Promedios (cm)	Significación 0,05
T4	16,10	A
T1	15,00	B
T2	14,88	B
T3	14,57	B C
T5	13,72	C

En la tabla 11 basados en la salida dada por la Prueba de Duncan, se puede confirmar que los tratamientos tienen diferencias estadísticas significativas al nivel de significancia de 0,05

Para el nivel de significancia de 0,05 se puede afirmar que el tratamiento T4 alcanzó significativamente el mayor diámetro de la cabeza de la lechuga ocupando el primer lugar con respecto al tratamiento T5; los tratamientos T1, T2 y T3 no muestran diferencia estadística significativa y que el tratamiento T3 y T5 no se diferencian significativamente mostrando diámetro de la cabeza de la lechuga similar. Siendo el mejor tratamiento el T4 con promedio

de 16,1 cm de diámetro de la cabeza de la lechuga a los 90 días después del trasplante con la aplicación del agrobiológico Trichocastle con 420 g/3 L de agua.

En la figura 04, diámetro de la cabeza de la lechuga a los 90 días después del trasplante, en promedio fue desde 13,72 cm hasta 16,09 cm siendo inferior el T5 con respecto al T4 y demás tratamientos en estudio.



**Figura 4** Diámetro de la cabeza a los 90 días después del trasplante

#### 4.2.2. Rendimiento

- a. Número de hojas de la lechuga a la cosecha

En la tabla 12, en el análisis de varianza número de hojas de la lechuga, se refiere a la significación del valor “F” para tratamiento y bloque. La significancia para tratamientos la  $F_c > F_t$  al nivel de 0,05 y 0,01, por lo tanto, existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos, o que por lo menos uno de los tratamientos tiene promedio diferente estadísticamente. El efecto de bloques no

es significativo. Con coeficiente de variabilidad de 2,53 % lo cual según Calzada nos indica confiabilidad en los resultados.

**Tabla 12** Análisis de varianza de número de hojas de la lechuga a la cosecha

F.V.	gl	SC	CM	Fc	Ft	NS	
					0,05	0,01	
Tratamientos	4	95,35	23,84	112,12	3,26	5,41	**
Bloques	3	1,92	0,64	3,01	3,49	5,95	ns
Error	12	2,55	0,21				
Total	19	99,82					

C. V. 2.53 %

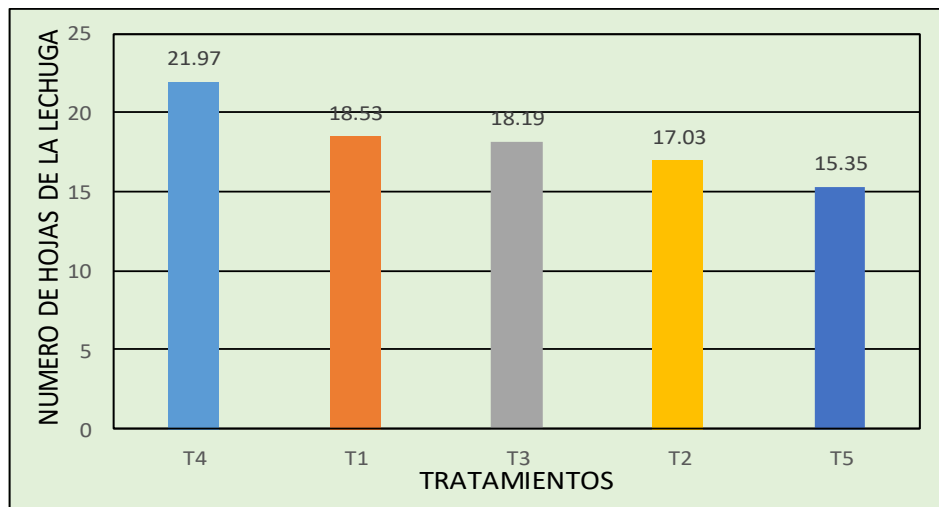
**Tabla 13** Prueba de Duncan de número de hojas de la lechuga a la cosecha

Tratamientos	Promedios (cantidad)	Significación 0,05
T4	21,97	A
T1	18,53	B
T3	18,19	B
T2	17,03	C
T5	15,35	D

En la tabla 13 en la Prueba de Duncan, se puede confirmar que los tratamientos presentan diferencias estadísticas significativas al nivel de significancia de 0,05. Al nivel de significancia de 0,05 el tratamiento T4 presento significativamente el mayor número de hojas de lechuga a la cosecha ocupando el primer lugar, entre los tratamientos T1 y T3 no existe diferencia estadística y el tratamiento T5 ocupa el último lugar con menor número de hojas. Siendo el T4 el mejor tratamiento con promedio de 21,97 con la aplicación del agrobiológico Trichocastle con 420 g/3 L de agua. En la Figura 05, número de hojas de la lechuga a la cosecha, en promedio fue desde



15,34 hasta 21,97 siendo inferior el T5 con respecto al T4 y demás tratamientos.



**Figura 5** Número de hojas de la lechuga a la cosecha

b. Peso de la lechuga por cabeza

En la tabla 14, en el análisis de varianza peso de la lechuga por cabeza, se refiere a la significación del valor “F” para tratamiento y bloque. La significancia para tratamientos la  $F_c > F_t$  al nivel de 0,05 y 0,01 por lo tanto existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos, o que por lo menos uno de los tratamientos tiene promedio diferente estadísticamente. El efecto de bloques es significativo. Con coeficiente de variabilidad de 2,14 % lo cual según Calzada nos indica confiabilidad en los resultados.

**Tabla 14** Análisis de varianza del peso de la lechuga por cabeza

F.V.	gl	SC	CM	Fc	Ft		NS
					0,05	0,01	
Tratamientos	4	24094,24	6023,56	59,69	3,26	5,41	**
Bloques	3	1662,89	554,30	5,49	3,49	5,95	*
Error	12	1210,95	100,91				
Total	19	26068,08					

C.V. 2.98 %

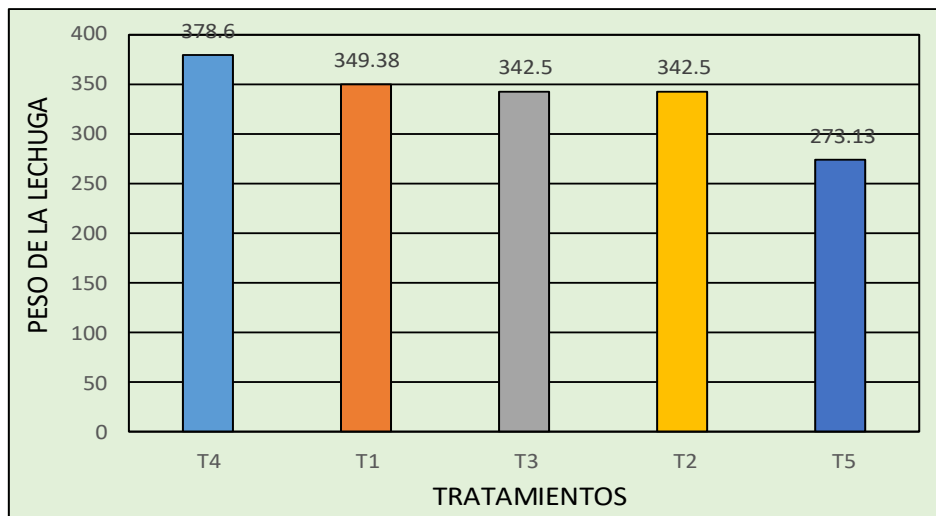
En la tabla 15 basados en la salida dada por la Prueba de Duncan, se puede confirmar que los tratamientos presentan diferencias estadísticas significativas al nivel de significancia de 0,05.

**Tabla 15** Prueba de Duncan del peso de la lechuga por cabeza

Tratamientos	Promedios (g)	Significación 0,05
T4	378,60	A
T1	349,38	B
T3	342,50	B
T2	342,50	B
T5	273,13	C

Para el nivel de significancia del 0,05 el tratamiento T4 alcanzó significativamente el mayor peso de la lechuga ocupando el primer lugar, entre los tratamientos T1, T3 y T2 no existe diferencia estadística significativa; que el tratamiento T5 (testigo) obtuvo el de menor peso de la lechuga ocupando el último lugar. Siendo el mejor tratamiento el T4 con 378,60 g en promedio el peso de la lechuga por cabeza con la aplicación del agrobiológico Trichocastle con 420 g/3 L de agua. En la figura 06, peso de lechuga por cabeza, en

promedio fue desde 273,13 hasta 378,6 g, siendo inferior el T5 con respecto al T4 y demás tratamientos en estudio.



**Figura 6** Peso de la lechuga por cabeza

c. Rendimiento por hectárea

**Tabla 16** Rendimiento de la lechuga kilogramo por hectárea

T1	T2	T3	T4	T5
38 819,96	38 055,56	38 055,56	42 065,56	30 347,78

Se afirma que, el tratamiento T4 con la inoculación de Trichocastle con 420 g/3 L de agua alcanzó los mejores resultados produciendo 42 065,56 kilogramos de lechuga por hectárea ocupando el primer lugar, seguido del tratamiento T1 con Diatomea con un rendimiento de 38 819,96 kilogramos por hectárea, quedando en el último lugar el tratamiento T5 testigo sin inoculación con solo 30 347,78 kilogramos de lechuga por hectárea. Los resultados nos indican que cuando se inoculan Trichocastle se consigue mayor rendimiento.

### **4.3. Prueba de hipótesis**

HE1: Si aplicamos Diatomeas, Microorganismos eficientes, Trichocastle y Basu a la lechuga variedad seda, entonces se tiene efecto significativo en el desarrollo vegetativo.

Contrastando la hipótesis podemos mencionar que el valor p encontrado para altura de planta y diámetro de la cabeza de la lechuga a los 90 días fue menor y que cuando  $p < 0,05$  el resultado es significativo, es decir, rechazamos la hipótesis nula. Esto significa que existe menos de un 5 % de probabilidad de que la hipótesis nula sea cierta en nuestra población.

HE2: Si aplicamos Diatomeas, Microorganismos eficientes, Trichocastle y Basu a la lechuga variedad seda, entonces se tiene efecto significativo en el rendimiento

Contrastando la hipótesis podemos mencionar que el valor p encontrado para peso de la lechuga y número de hojas fue menor y que cuando  $p < 0,05$  el resultado es significativo, es decir, rechazamos la hipótesis nula. Esto significa que existe menos de un 5 % de probabilidad de que la hipótesis nula sea cierta en nuestra población.

### **4.1. Discusión de resultados**

#### **a. Altura de planta a los 20 días después del trasplante**

Comparando los resultados de la investigación con lo obtenido por Guato (2015), donde manifiesta que la altura de planta obtenida a los 20 días de la variedad Cool guard con aplicación de compost fue de 6,4 cm en promedio. Confirmamos que el autor citado consiguió menor altura de planta frente a los tratamientos en estudio, debido posiblemente a que en el caso de Diatomea aporta microminerales que favorece el desarrollo de las plantas.

**b. Altura de planta a los 90 días después del trasplante**

Comparando los resultados de la investigación con lo obtenido por Velasco et al (2016), donde manifiestan que la altura de planta obtenido a la cosecha en cultivo de hidroponía con aplicación de humus líquido y micorrizas fue de 14,02 cm en promedio. Confirmamos que el autor citado consiguió altura similar a la investigación realizada en campo definitivo. Mientras que utilizando biopreparados Neri et al (2017) utilizando 1,5 kg/m<sup>2</sup> de bocashi + 0,93 l/m<sup>2</sup> de humus líquido obtuvieron 16,33 cm de altura de planta a la cosecha, este resultado es superior a lo encontrado en la investigación debido a que no se utilizó esa cantidad de dosis como fuente nutricional para la lechuga.

**c. Diámetro de la cabeza de la lechuga a los 90 días después del trasplante**

Comparando los resultados de la investigación con lo obtenido por Guato (2015), donde manifiesta que el diámetro ecuatorial obtenido a la cosecha en con aplicación de compost fue de 13,51 cm en promedio. Confirmamos que el autor citado consiguió menor diámetro ecuatorial debido a que el producto Trichocastle permite promover el crecimiento de las plantas seguido de Diatomeas que aporta microminerales que es aprovechado por la lechuga.

**d. Número de hojas de la lechuga a la cosecha**

Comparando los resultados de la investigación con lo obtenido por Fernández y Murillo (2015), donde manifiestan que el número de hojas obtenido con técnicas de agricultura limpia fue de 13,6 en promedio. Confirmamos que el autor citado consiguió menor cantidad de hojas con lo

investigado debido a que el agrobiológico Trichocastle promueve el crecimiento de las plantas y tiene efecto bioestimulante.

**e. Peso de la lechuga por cabeza**

Comparando los resultados de la investigación con lo obtenido por Neri et al (2017), donde manifiestan que el peso de la lechuga obtenido a través de biopreparados fue de 256,90 g en promedio. Así mismo Fernández y Murillo (2005) mediante agricultura limpia el peso de la lechuga fue de 141,29 g en promedio y Asmasifuen (2017) encontró un peso de 225 gramos. Confirmamos que los autores citados consiguieron menor peso de la lechuga con referencia a la investigación realizada que fue de 378,60 g en promedio, donde el agrobiológico Trichocastle tiene efecto promotor del crecimiento y bioestimulante, consiguiendo aumento del desarrollo radicular permitiendo a la planta obtener mayor absorción y disponibilidad de nutrientes o bien que metabolice nutrientes del sustrato facilitando a la planta la absorción de estos. (Donoso et al., 2008)

**f. Rendimiento por hectárea**

Comparando los resultados de la investigación con lo obtenido por Neri et al (2017) donde aplico biopreparados obtuvo un rendimiento de 32,11 t/ha Confirmamos que el autor citado encontró menor rendimiento en referencia a la investigación realizada en Yanahuanca, habiendo influido las condiciones climáticas, el distanciamiento, los macro y micronutrientes que habían quedado por ser terreno descansado. Así mismo el mecanismo de acción de Trichocastle que tiene un efecto bioestimulante que se expresa en toda la planta durante su desarrollo, coincidiendo con los autores (Harman, 1999; Pérez et. al., 2012).

## CONCLUSIONES

1. La inoculación de los agrobiológicos en la lechuga variedad seda, durante el desarrollo vegetativo influyó en conseguir mayor altura de planta a los 20 y 90 días con 8,72 cm y 14,75 cm para el tratamiento T1 respectivamente (Diatomea con 400 g/3 L de agua). Mientras que el diámetro de la cabeza de la lechuga a los 20 días fue de 12,35 cm para el tratamiento T1 (Diatomea a la dosis de 400 g/3 L de agua) y a los 90 días fue de 16,1 cm para el tratamiento T4 (Trichocastle a la dosis de 420 g/3 L de agua).
2. En cuanto el rendimiento de la lechuga con la inoculación de los agrobiológicos, el número de hojas fue de 21,97; el peso de la lechuga por cabeza fue de 378,6 g y el rendimiento de la lechuga por cabeza fue de 42 065,56 kg/ha para el tratamiento T4 respectivamente (Trichocastle a la dosis de 420 g/3 L de agua).

## **RECOMENDACIONES**

1. Usar el producto Trichocastle porque tiene efecto sobre el desarrollo vegetativo y rendimiento de la lechuga variedad seda a la dosis de 420 g/3 L de agua.
2. Aplicar Trichocastle en la misma dosis en otras variedades de lechuga para verificar su efecto en el desarrollo vegetativo y rendimiento.
3. Realizar experimentos en otras variedades de lechuga empleando Trichocastle adicionándole abonos orgánicos para mejorar las propiedades biológicas, físicas y químicas de los suelos sin alterar el medio ambiente.
4. Proseguir con análisis más extensos para confirmar las tendencias observadas en estos resultados y poder identificar elementos de producción distintivos en un sistema de producción orgánica.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Akca, Y. y Ercisli S. 2010. Effect of plant growth Promoting rhizobacteria (PGPR) inoculation on fruit quality in sweet cherry (*Prunus avium* L.). *Ziraat. Journal of Food, Agriculture and Environment* 8(2); 769-771
- Amasifuen Flores, Wendy 2017. Efecto de la gallinaza más cobertura (cartón), sobre las características químicas del suelo y el rendimiento del cultivo *Lactuca sativa* L., “lechuga” var. capitata en “Zungarococha”, distrito de San Juan Bautista - Loreto – Tesis Universidad Nacional de la Amazonia Peruana.
- Aparicio, L., Ibáñez, C., Matos, G., Peñaloza, C. 2012. Efecto de *Trichoderma* spp. en el crecimiento y desarrollo del cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa* L.) *T. harzianum*, *T. koningiopsis* y *T. asperellum*. Universidad Nacional Experimental del Táchira. San Cristóbal.
- Axayacatl, O. 2012. Horticultura efectiva: requerimientos climáticos de la lechuga (en línea). Blog de Horticultura. Consultado el 24 de agosto del 2016. Disponible en: <http://www.horticulturaefectiva.net/requerimientos-climaticos-de-la-lechuga.html>
- Barahona M. 2000. Materia de horticultura. Escuela politécnica del Ejército. Facultad de Ciencias Agropecuarias. LASA. Ecuador.
- Biamonte, P.; Escoto, A.; Jiménez, R.; Sterling, F.; Subiros, F. 1984. Olericultura. Editorial, UNED (Universidad Estatal a Distancia). San José, Costa Rica. 512 p.
- Cali, V. C. 2011. Efecto del estiércol de lombriz (*Eisenia foetidia* L.) en la producción de cuatro cultivares de lechuga (*Lactuca sativa* L.). Documento de tesis. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Escuela de ingeniería en agronomía. Riomba, Ecuador.
- Camargo, H. (2005). *Evaluación en campo de la incidencia de Rhizoctonia solani en*

arroz (*Oriza sativa*), luego de la inoculación en semilla de un formulado comercial a base del antagonista *Trichoderma harzianum*.

Carzola, A. 2010. Estudio bioagronómico de catorce cultivares de lechuga tipo mantecosa (*Lactuca sativa L.*) en el cantón de Riobamba, provincia de Chimborazo. Documento de tesis. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Escuela de ingeniería en agronomía. Ecuador.

Casaca, A. 2005. Guías tecnológicas de frutas y vegetales: el cultivo de la lechuga (en línea). Proyecto de modernización de los servicios de tecnología agrícola, Promosta. Consultado el 24 de agosto del 2016. Disponible en: <http://www.innovacion.gob.sv/inventa/attachments/article/2792/lechuga.pdf>

Casanova, E.; Sánchez, P.; Segarra, G.; Borrero, C.; Avilés, M.; Trillas, M. I. 2005. Beneficios del uso en la agricultura de agentes de control biológico. *Trichoderma asperellum* cepa T34 Biocontrol Technologies, S.L., Parc Científic de Barcelona, C/Baldiri Reixac. 15-21.

CENTRO DE DESARROLLO DE AGRONEGOCIOS (CDA) 2002. Uso de *Trichoderma*. Boletín técnico de producción N° 30. Cuba.

Cerdas, M. y Montero, M. 2004. Guías técnicas del manejo pos-cosecha de apio y lechuga para el mercado fresco. San José, Costa Rica. MAG. 72p.

Cruz A. Magdalena y Cisterna O. V. 1998. Control integrado de *Phytophthora capsici* en pimiento y efecto de hongos antagonistas sobre el crecimiento de las plantas. Agricultura técnica (Chile) 58 (2); 81 -92

Cupull S. R.; Andreu R. C.; Pérez N. C.; Delgado P. Y. & Cupull S. M. 2003. Efecto de *Trichoderma viride* como estimulante de la germinación, en el desarrollo de posturas de cafetos y el control de *Rhizoctonia solani* Kuhn) Revista Centro Agrícola N°1 La Habana. 464 pp.

- Donoso E.; Lobos G.; Rojas N. 2008. Efecto de *Trichoderma harzianum* y compost sobre el crecimiento de plántulas de *Pinus radiata* en vivero. *Bosque* 29 (1); 52-57.
- Davis, R. M.; Subbarao, K. V.; Raid, R. R. y Kurtz E. A. 2002. Plagas y enfermedades de la lechuga. Edición en español. Editorial: Mundi Prensa. Madrid, España. 102 p.
- De Costa, D. M., and Erabadupitiya, H. R.U. T. (2005). *An integrated method to control postharvest diseases of banana using a member of the Burkholderia cepacia complex*. *Postharvest Biology and Technology*; 36:31-39
- EMRO-Europe (EM Organization Inc.). 2008. “Informaciones sobre EM” Europe Branch Office Sucursal en España [www.emroeurope.com](http://www.emroeurope.com)
- Food y Agriculture Organization (FAO). 2002. El cultivo protegido en clima Mediterráneo. Organización de las Naciones para la Agricultura y la Alimentación. Roma. 344 p.
- Fernández K. y Murillo E. 2005. Evaluación de la calidad nutricional y desarrollo vegetativo de zanahoria (*Dacus carota*) y Lechuga (*Lactuca sativa* L.) cultivados con técnicas de agricultura limpia en la región de Chapetón Municipio de Ibagué. Colombia Sophis ISSN 1794-8932.
- Fernández, M. 2008. Aplicación del EM - 1 en diferentes cultivos Suing Agro y NUTRIKALC PLUS.
- Fields, P. G. y Korunic, Z. 2000. Diatomaceous Earth to control stored-grain insect. Abstract Book I, XXI International Congress of Entomology, Brazil.
- Fritze, D., 2004. Taxonomy of the genus *Bacillus* and related genera: The aerobic endospore-forming bacteria. *Phytopathology* 94,1245-1248
- Fuenterria Minerales. 2001. Insecticida y Fungicida Ecológico. Inf. Inéd.19 pág.

- Galván, G.; García, M. y Rodríguez, J. 2008. Lechuga, cultivo de hoja. Facultad de Agronomía. Curso de Horticultura.
- González S.; Rodríguez L.; Arjona C.; Puertas A.; Fonseca M. 1999. Efecto de la aplicación de *Trichoderma harzianum* sobre la composición cuantitativa de bacterias, hongos y actinomicetos de la rizósfera de solanáceas y su influencia en el crecimiento vegetativo. Investigación Agropecuaria: Producción y Protección vegetal. Vol. 14; 1-2.
- Guato Cando C. A. 2015. Evaluación del efecto del compost generado en la empresa pública Patatae- Pelileo “EMMAIT-EP” en la producción limpia en el rendimiento de dos variedades de lechuga (*Lactuca sativa*).
- Guigón L. C. y González G. P. 2004. Selección de cepas nativas de *Trichoderma spp.* Con actividad antagónica sobre *Phytophthora capsici* y promotoras de crecimiento en el cultivo de chile (*Capsicum annum*) Revista Mexicana de Fitopatología 22; 117-124.
- Harman, G. E.; W. A. Björkman, T.; C. Norvell. 1999. Solubilización de fosfatos y micronutrientes para el crecimiento de las plantas promovidos por diferentes especies de *Trichoderma*.
- Harman G. E.; Petzoldt R.; Comis A.; Chen J. 2004. Interactions between *Trichoderma harzianum* strain T22 and maize inbred line Mo 17 and effects of these interactions on diseases caused by *Pythium ultimum* and *Colletotrichum graminicola*. Phytopathology 94; 147-153.
- Higa, T. 1993. Microorganismos beneficiosos y provechosos “PARA UNA AGRICULTURA Y MEDIO AMBIENTE SOSTENIBLE” Universidad de Ryukyus Okinawa, Japón
- Higa, T. 2003. Principales Microorganismos Contenidos en el EM. Agroterra Tecnologías Agrarias [www.agroterra.com](http://www.agroterra.com)

- Higa, T. 1997. Aplicación de Microorganismos beneficiosos y eficaces.
- Hernández Alarcón I. 2014. Evaluación de un extracto alcalino del alga *Macrocystis pyrifera*, (L.) C. Agardh, sobre el crecimiento de vegetales terrestres. Universidad Autónoma de Baja California Sur. Departamento Académico de Biología Marina.
- Hossam Elder, M. 2010. Diatomite: Its characterization, modifications and applications. Department of chemistry, Faculty of science, Suez Canal University, Ismailia, Egipto.
- Hydro Environment. 2015. La luz en tus plantas (en línea). Consultado el 14 de agosto del 2016. Disponible en: [http://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main\\_page=page&id=221](http://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=221)
- IABOTEC (Investigaciones y Aplicaciones Biotecnológicas). 2006. Inoculantes microbianos. [http://www.iabiotec.com/trichod\\_ficha.htm](http://www.iabiotec.com/trichod_ficha.htm) revisado el 15 de setiembre del 2011.
- Imbaquingo, V. 2013. Análisis productivo y económico del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*) mediante la aplicación de tres niveles de compost, en la parroquia san pablo, provincia Imbabura. Tesis de grado ingeniería en administración y producción agropecuaria. Loja, Ecuador.
- Informativo Agrícola (Infoagro). 2003. Hortalizas. El cultivo de la lechuga (en línea). Consultado el 25 de agosto del 2016. Disponible en: <http://www.infoagro.com/hortalizas/lechuga.htm>
- Informativo Agrícola (Infoagro). 2013. Lechuga (*Lactuca sativa*) (en línea). Consultado el 26 de agosto del 2016. Disponible en: <http://articulos.infojardin.com/huerto/Fichas/lechuga.htm>
- Inglethorpe, S. D. J. 1993. Industrial minerals laboratory manual: Diatomite. BGS Technical report WG/92/39.

- Karakurt, H. y Aslantas, R. 2010. Effects of some plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) strains on plant growth and leaf nutrient content of Apple. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research* 18(1); 101-110
- Langlais, C. y Ryckewaert, P. 2002. Guía de los cultivos protegidos de hortalizas en zona tropical húmeda. Editorial Quae. 91 p.
- Lara, J. 2000. Marcaje de cepa de *B. subtilis* de la rizósfera de papa, por recombinación ilegítima con un plásmido y detección por pcr. Tesis de Doctorado CINVESTAV-Irapuato, Irapuato, Gto., México.
- Lucero, J. A. 2012. Estudio de tres niveles de compost en el cultivo de la lechuga variedad repollo (*Lactuca sativa L.*), en suelos andisoles. Documento de tesis presentado a la Universidad Nacional de Loja, para la obtención del título de Ingeniero en Administración y Producción Agropecuaria. Loja, Ecuador.
- Marsh, J. 2010. Water filtration using diatomaceous earth. Estados Unidos.
- Mau, F. P. 2002. Microorganismos Efectivos. RBA Libros S.A. Barcelona. 237 p.
- Ministerio de Agricultura y Riego 2015. Compendio estadístico - Dirección General de Evaluación y Seguimiento de Políticas - Dirección de Estadística Agraria.
- Ministerio de Agricultura y Riego 2016. Dirección de Estadística e Informática Pasco. Unidad de Análisis Económico. Sector Agrario 17 p.
- Múrua, F.; Coria C.; Acosa J.; Ratti, D.; Almirón, W. 2005. Evaluación del efecto larvicida de tierra de diatomea sobre *Culex pipiens L.* (Díptera: Culucidae). *Inst. Arg. Invest. de las zonas áridas. Multequina* N 14 pp. 53-56.
- Neri Ch. J.; Oclocho G. F.; Huamán H. E. y Collazos S. R. 2017. Influencia de la aplicación de biopreparados en el rendimiento del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa L.*).
- Neyra V. S.; Terrones R. L.; Toro C. L.; Zarate G. B.; Soriano B. B. 2013. Efecto de la

- inoculación de *Rhizobium etli* y *Trichoderma viride* sobre el crecimiento aéreo y radicular de *Capsicum annum* var. Longum. Facultad de Ciencias Biológicas Universidad Nacional de Trujillo. Revista Científica de estudiantes 1(1); 11-21
- NEEMPRODUCTS. 2008. *Trichoderma viride*. Consultado 28 de enero 2016. Disponible en: [http://www.neemproducts.com-trichoderma\\_arch/translate\\_c.htm](http://www.neemproducts.com-trichoderma_arch/translate_c.htm).
- Noguera, V. 2004. El huerto en el jardín. Editorial: Mundi Prensa. 141p.
- Parets, S. E. 2002. Evaluación agronómica de la inoculación de micorrizas arbusculares, *Rhizobium phaseoli* y *Trichoderma harzianum* en el cultivo de fríjol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis en opción al grado de Máster en Ciencias Agrícolas, Universidad Agraria de La Habana.
- Pérez G. Y.; Ayala S. J.; Calero H. A. 2012. Efecto de dos formulados líquidos de *Trichoderma harzianum* A-34 en el cultivo de tomate protegido.
- Pichel A. J. 2011. Un hongo mejora el desarrollo de tomates y pepinos. Centro hispanoluso de investigación agraria (Ciales) de la Universidad de Salamanca.
- ProHuerta (Agencia de Extensión Rural. 2013). Cultivo de lechuga, requerimientos y recomendaciones (en línea). INTA. Concepción del Uruguay. Consultado el 08 de agosto del 2016. Disponible en: <http://www.todoagro.com.ar/noticias/nota.asp?nid=24009>
- Puente, M.; García, J.; Rubio, E. y Peticari, A. (2010). *Microorganismos promotores del crecimiento vegetal empleados como inoculantes en trigo*. INTA EEA Rafaela, Publicación Miscelánea, 116; 39-44
- Romero, J. 2003. Niveles de estiércol de lombriz en dos cultivares de lechuga. Tesis Ing. Agr. De la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Altiplano. Puno 68 p.
- Romero D. E., Moreno M. V. R., Hernández M. J. L., Quiroz V. J. 2011. *Trichoderma*

- asperellum, como potencial promotor de crecimiento vegetal. Encuentro Nacional de Investigación Científica y Tecnológica del Golfo de México. Fito 09; 49
- Sánchez Pérez M. 2009. Aislamiento y caracterización molecular y agronómica de *Trichoderma spp* nativos del norte de Tamaulipas IPN. Centro de Biotecnología Genómica. México.
- Sanz, J. L. 2007. Bacterias fotosintéticas. Microbiología Ambiental UAM – México.
- Suquilanda, M. 1995. Nuestro pequeño huerto, con método orgánico intensivo - porque, como, cuando y donde. Editorial Abaya Ayala. Coedición FUNDAGRO. Quito, Ecuador.
- Tarigo, A.; Repetto, C. y Acosta, D. 2004. Evaluación agronómica de biofertilizantes en la producción de lechuga (*Lactuca sativa*) a campo. Tesis presentada como uno de los requisitos para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de La Republica, Facultad de Agronomía. Montevideo, Uruguay.
- Tejera H. B.; Rojas B. M. y Heydrich P. M. 2011. Potencialidades del género Bacillus en la promoción del crecimiento vegetal y el control biológico de hongos Fitopatógenos Revista CENIC. Ciencias Biológicas, vol. 42, núm. 3, septiembre-diciembre. pp. 131-138 Centro Nacional de Investigaciones Científicas Ciudad de La Habana, Cuba
- Torres, C. 2003. Validación de tecnologías para la producción orgánica de lechuga (*Lactuca sativa L.*) en el valle de Tumbaco, Pichincha. Tesis de grado Ing. Agr. Quito, Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas.
- UNIVERSIDAD EARTH (EARTH). 2009. La tecnología EM y sus aplicaciones Universidad de Costa Rica EARTH [www.emro.com](http://www.emro.com)
- UNIVERSIDAD DE VALLADOLID (UVA). 2012. El cultivo de la lechuga (en línea). Consultado el 26 de agosto del 2016. Disponible en:



[https://www5.uva.es/guia\\_docente/uploads/2012/446/42109/1/Documento2.pdf](https://www5.uva.es/guia_docente/uploads/2012/446/42109/1/Documento2.pdf)

- Vargas Triviño M. y Salazar Rojas J. 2013. Prueba de actividad biológica de “Tierra de diatomeas” en viveros de cauchos en Itarka La Montañita Caqueta. Universidad Nacional Abierta y a Distancia Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y Medio Ambiente Tecnología Agroforestal Florencia. Colombia.
- Vallejo, F. A. y Estrada, E. I. 2004. Producción de hortalizas de clima cálido. Universidad Nacional de Colombia – Sede Palmira. Editorial Imágenes Gráficas S. A. Colombia. 347p.
- Velasco José, Aguirre Gino y Ortuño Noel 2016. Humus líquido y microorganismos para favorecer la producción de lechuga (*Lactuca sativa* var. Crespo) en cultivo de hidroponía. Journal of the Selva Andina Biosphere ISSN 2302-3867 Bolivia.
- Villegas Arenas Marco. 2000. Características Generales de *Trichoderma* y su potencial biológico en la agricultura sostenible. Universidad de Caldas. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Departamento de Fitotecnia.
- Windham M. T.; Elod Y.; Baker R. 1986. Mechanism for increased plant growth induced by *Trichoderma spp.* *Phytopathology*. 76; 518-521
- Wisniewski, M. E., and Wilson, C. L. (1992). *Biological control of postharvest diseases of fruits and vegetables: Recent advances*. *HortScience* 27; 94-98.
- Yahya Salim, A. D., Maha Farooq, T. & Reyad Awwad, S. 2000. The feasibility of using Diatomite and Mn- Diatomite for remediation of water, pp. 2299-2310.

## **ANEXOS**

## **Anexo 01. Instrumentos para recolección de datos**

- Cartillas de registro de datos (evaluación)
- GPS, Laptop
- Cuaderno de evidencias
- Celular con cámara fotográfica, USB
- Balanzas electrónica
- Wincha y vernier
- Programa Excel e Infostat
- Observación de fenómenos y entrevista a expertos como técnicas para recojo de la información.
- Supuestos e ideas
- Métodos analíticos y cuantitativo.

### Anexo 02 Altura de planta a los 20 días después del trasplante

BLOQUE	T1	T2	T3	T4	T5
I	8.12	9.94	10.37	8.25	6.87
II	8.06	7.50	9.25	9.50	9.87
III	8.37	5.44	7.81	7.50	8.75
IV	10.31	6.81	7.13	8.81	7.81
$\Sigma$	34.86	29.69	34.56	34.06	33.30
X	8.72	7.42	8.64	8.52	8.33

### Anexo 03 Altura de planta a los 90 días después del trasplante

BLOQUE	T1	T2	T3	T4	T5
I	15,50	14,50	14,63	13,00	11,88
II	12,75	12,50	13,50	13,88	11,25
III	14,50	13,13	14,50	13,00	13,75
IV	16,25	15,00	15,13	13,25	12,13
$\Sigma$	59	55,13	57,76	53,13	49,01
X	14,75	13,78	14,44	13,28	12,25

### Anexo 04 Diámetro de la cabeza a los 20 días después del trasplante

BLOQUE	T1	T2	T3	T4	T5
I	12,25	15,13	14,00	11,00	9,50
II	9,63	12,13	12,75	12,00	13,75
III	12,38	8,63	11,50	10,38	13,13
IV	15,13	8,38	9,00	13,00	12,38
$\Sigma$	49,39	44,27	47,25	46,38	48,76
X	12,35	11,07	11,81	11,60	12,19

### Anexo 05 Diámetro de la cabeza a los 90 días después del trasplante

BLOQUE	T1	T2	T3	T4	T5
I	15,00	15,25	14,88	16,00	12,63
II	14,00	14,38	14,25	16,38	14,63
III	15,00	14,75	14,88	15,75	13,88
IV	16,00	15,13	14,25	16,25	13,75
$\Sigma$	60	59,5	58,25	64,38	54,88
X	15,00	14,88	14,56	16,09	13,72

### Anexo 06 Número de hojas a la cosecha

BLOQUE	T1	T2	T3	T4	T5
I	18,00	17,25	18,00	22,25	15,75
II	19,75	17,00	18,38	21,88	15,50
III	18,00	16,75	17,50	21,25	15,00
IV	18,38	17,13	18,88	22,50	15,13
$\Sigma$	74,13	68,13	72,75	87,88	61,38
X	18,53	17,03	18,19	21,97	15,34

### Anexo 07 Peso de la lechuga por cabeza

BLOQUES	T1	T2	T3	T4	T5
I	348,75	340,00	343,75	388,75	272,50
II	342,50	343,75	347,50	389,38	273,75
III	351,25	330,00	340,00	362,50	271,25
IV	367,50	341,25	346,25	395,00	275,00
$\Sigma$	1410,00	1355,00	1377,50	1535,63	1092,50
X	352,50	338,75	344,38	383,91	273,13

## Anexo 08 Figuras de la investigación



Fig. 01 Productos agrobiológicos



Fig. 02 Preparación del terreno



Fig. 03 Trasplante de la lechuga



Fig. 04 Preparación de los agrobiológicos