

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**



**Evaluación de *Trichoderma asperellum* en estructuras vegetativas de  
lechuga (*Lactuca sativa* L.) establecida en campo abierto**

**Por:**

**Ricardo Ramón Arellano Hernández**

**TESIS**

**Presentada como requisito parcial para obtener el título de:**

**INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO**

Torreón, Coahuila, México  
Noviembre 2024

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

**DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA**

**Evaluación de *Trichoderma asperellum* en estructuras vegetativas de lechuga  
(*Lactuca sativa* L.) establecida en campo abierto**

**Por:**

**Ricardo Ramón Arellano Hernández**

**TESIS**

**Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito  
parcial para obtener el título de:**

**INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO**

**Aprobada por:**

Dr. Antonio Castillo Martínez  
Presidente

Dr. José Abraham Obrador Sánchez  
Vocal

M.E. Javier López Hernández  
Vocal

Dr. Alfredo Ogaz  
Vocal suplente

M.E. Javier López Hernández  
Coordinador Interino de la División de Carreras Agronómicas



Torreón, Coahuila, México  
Noviembre 2024

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

**DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA**

**Evaluación de *Trichoderma asperellum* en estructuras vegetativas de lechuga  
(*Lactuca sativa* L.) establecida en campo abierto**

**Por:**

**Ricardo Ramón Arellano Hernández**

**TESIS**

**Presenta como requisito parcial para obtener el título de:**

**INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO**

**Aprobada por el comité de asesoría:**



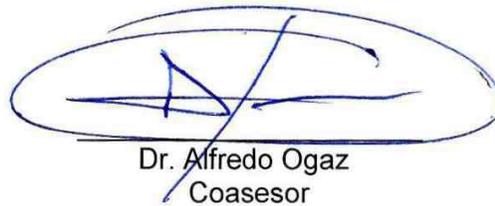
Dr. Antonio Castillo Martínez  
Asesor principal



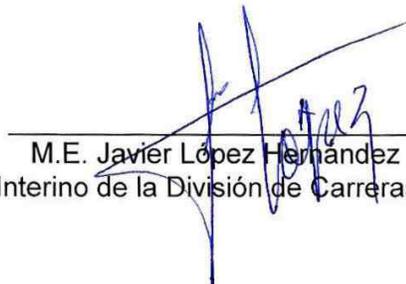
Dr. José Abraham Obrador Sánchez  
Coasesor



M.E. Javier López Hernández  
Coasesor



Dr. Alfredo Ogaz  
Coasesor



M.E. Javier López Hernández  
Coordinador Interino de la División de Carreras Agronómicas



Torreón, Coahuila, México  
Noviembre 2024

## DEDICATORIA

A mis padres Eleazar y Victoria, por la confianza depositada, ya que aun a la distancia nunca dudaron de mi capacidad para concluir con éxito esta etapa de mi vida; por su sacrificio y apoyo brindado para terminar mi carrera universitaria, pero sobre todo por su paciencia y amor incondicional.

A la Dra. Martha Hernández, mi segunda mamá; que desde pequeño me ha mostrado que solo a través del esfuerzo y aprendizaje constante te puedes desmarcar del resto de las personas y ser un profesionista íntegro y exitoso.

Al M.C. Ernesto Medel, por estar siempre pendiente de mi experimento de tesis desde la siembra, por asesorarme constantemente y sobre todo por ser un gran amigo.

A la M.C. Paty Alarcón, tu experiencia, apoyo y motivación volvió esta tesis una realidad, te amo.

A Hilda Robles, Marco Carillo, Alfredo, Carlos, Luis, Cruz y Panda, juntos empezamos y juntos terminamos, las experiencias vividas en la universidad quedan inmortalizadas.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi Alma Mater, la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro – Unidad Laguna por brindarme los conocimientos y herramientas necesarias para ser un profesionalista en aras del éxito.

A todos mis maestros ya que gracias a su apoyo, conocimientos y dedicación académica he logrado concluir con una etapa tan determinante en la vida.

Al Dr. Antonio Castillo Martínez por entregar sus conocimientos con virtudes que pocos tienen: paciencia y dedicación al alumnado de la universidad, así mismo por fungir como mi director de tesis, culminando un logro profesional en mi vida.

Al M.E. Javier López Hernández por ser una persona que en todo momento lucha por el bienestar y derechos de los alumnos de la universidad, gracias por contagiarnos de la pasión e importancia de las materias que imparte.

Al Dr. Alfredo Ogaz por enseñarnos que los pequeños detalles pueden definir una diferencia abismal como en un análisis de suelo, le agradezco la dedicación con la que entrega sus conocimientos al impartir sus materias.

Al Dr. Jose Abraham Obrador Sánchez, quien nos enseñó que existe un orden para cualquier proceso en la vida y siempre hay que entregar resultados de calidad. Gracias.

Al Colegio de Postgraduados por abrirme las puertas para establecer el experimento de mi tesis, por facilitarme la maquinaria y herramientas necesarias para concluir el proyecto con éxito.

Al Departamento de Parasitología y laboratoristas, de todos aprendí.

## INDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTOS .....	II
INDICE DE CONTENIDO.....	III
INDICE DE FIGURAS .....	VI
INDICE DE CUADROS .....	VIII
RESUMEN .....	IX
I. INTRODUCCIÓN.....	1
I. OBJETIVOS.....	2
I.1. OBJETIVO GENERAL .....	2
I.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
I.3. HIPÓTESIS .....	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA .....	3
2.1. El origen de la producción de lechuga .....	3
2.2. Descripción y clasificación botánica de la lechuga.....	3
2.3. Características morfológicas de la lechuga.....	3
2.3.1. Raíz .....	3
2.3.2. Hoja .....	3
2.3.3. Tallo.....	4
2.3.4. Flor .....	4
2.4. El consumo de lechuga en el mundo .....	4
2.5. Variedades de lechuga en México y sus características .....	4
2.5.1. Variedad Baby leaf .....	4
2.5.2. Variedad Iceberg .....	5
2.5.3. Variedad Romana.....	5
2.5.4. Variedad Crispa .....	6
2.6. Producción de lechuga en México .....	6
2.7. Plagas y enfermedades en la producción de lechuga.....	7
2.7.1. Plagas.....	7
2.7.1.1. Gusano gris ( <i>Agrotis</i> sp. <i>Ochsenheimer</i> ).....	7
2.7.1.2. Minadores ( <i>Liriomyza trifolii</i> Burgess).....	7
2.7.1.3. Mosca blanca ( <i>Trialeurodes vaporariorum</i> Westwood) .....	8
2.7.1.4. Trips ( <i>Frankliniella occidentalis</i> Pergande).....	8

2.7.2.	Enfermedades.....	9
2.7.2.1.	<i>Alternaria</i> ( <i>Alternaria dauci</i> Groves & Skolko – <i>Stemphyllium</i> spp. Wallr)	9
2.7.2.2.	Antracnosis ( <i>Microdochium panattoniana</i> Sutton, Galea & Price) ....	9
2.7.2.3.	Oídio ( <i>Erysiphe cichoracearum</i> DC.) .....	10
2.7.2.4.	Podredumbre gris ( <i>Botrytis cinerea</i> Whetzel) .....	10
2.7.2.5.	Esclerotinia ( <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> Bary) .....	11
2.8.	La aplicación de hongos benéficos en la agricultura .....	11
2.9.	Microrganismos benéficos utilizados en la agricultura .....	12
2.9.1.	<i>Rhizobium</i> sp. (Frank) .....	12
2.9.2.	<i>Pseudomonas fluorescens</i> (Migula).....	13
2.9.3.	<i>Trichoderma</i> sp (Persoon).....	13
2.9.4.	<i>Azospirillum</i> sp. (Tarrand, Krieg & Döbereiner) .....	14
2.9.5.	<i>Azotobacter</i> sp. (Beijerinck).....	14
2.9.6.	<i>Bacillus</i> sp. (Cohn).....	15
2.9.7.	<i>Beijerinckia</i> sp. (Beijerinck).....	15
2.9.8.	<i>Burkholderia</i> sp. (Burkholder & Yabuuchi).....	16
2.9.9.	<i>Enterobacter</i> sp. (Hormaeche & Edwards) .....	17
2.9.10.	<i>Herbaspirillum</i> sp. (Baldani, Seldin & Döbereiner).....	17
2.9.11.	<i>Klebsiella</i> sp. (Trevisan) .....	18
2.9.12.	<i>Streptomyces</i> sp. (Waksman & Henrici) .....	18
2.10.	Micorrizas (Bernard) .....	19
2.11.	Microrganismos biológicos para el control de fitopatógenos .....	20
2.12.	Descripción del género <i>Trichoderma</i> (Persoon).....	22
2.13.	Mecanismos de acción de <i>Trichoderma</i> spp (Persoon) .....	23
2.14.	Cepas de <i>Trichoderma</i> (Persoon) utilizados en la agricultura.....	23
2.15.	Las presentaciones de <i>Trichoderma</i> (Persoon) en el mercado.....	24
2.16.	Aplicación y dosificación de <i>Trichoderma</i> (Persoon) .....	24
2.17.	Efectos de <i>Trichoderma</i> (Persoon) en la producción de lechuga.....	25
III.	MATERIALES Y MÉTODOS .....	27
3.1.	Área de estudio .....	27
3.2.	Sitio experimental.....	27
3.3.	Material vegetal .....	28
3.4.	Germinación.....	28
3.5.	Dosis de fertilización .....	29
3.6.	Análisis de suelo .....	29

3.7.	Preparación del sitio experimental .....	30
3.8.	Trasplante .....	30
3.10.	Diseño de la parcela experimental.....	31
3.11.	Aplicación de <i>Trichoderma</i> (Persoon).....	32
3.12.	Variables agronómicas evaluadas .....	32
	Largo de hoja.....	32
	Diámetro de tallo.....	33
	Peso fresco de la lechuga.....	33
	Peso fresco de raíz.....	33
	Peso seco de raíz .....	33
	Diámetro ecuatorial.....	33
3.13.	Programa estadístico .....	33
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	34
4.1.	Análisis de suelo .....	34
4.2.	Establecimiento del cultivo .....	35
4.3.	Cosecha .....	35
4.4.	Variables evaluadas .....	35
4.4.1.	Longitud de hoja .....	35
4.4.2.	Diámetro de tallo.....	37
4.4.3.	Peso fresco de la lechuga .....	37
4.4.4.	Peso fresco de raíz.....	38
4.4.5.	Peso seco de raíz .....	40
4.4.6.	Diámetro ecuatorial de la lechuga .....	40
V.	CONCLUSIONES.....	42
VI.	LITERATURA CITADA .....	43
VII.	ANEXOS .....	54

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Lactuca sativa</i> var. <i>Generia</i> (Arcos, 2019). .....	5
Figura 2. <i>Lactuca sativa</i> var. <i>Iceberg</i> (Agricultores El Fuerte, 2021). .....	5
Figura 3. <i>Lactuca sativa</i> var. <i>Romana</i> (Carrasco & Sandoval, 2016). .....	6
Figura 4. <i>Lactuca sativa</i> var. <i>Crispa</i> (Florensa, 2024). .....	6
Figura 5. <i>Agrotis</i> sp (Ponomarev, 2014). .....	7
Figura 6. <i>Liriomyza trifolii</i> (Pullen, 2019). .....	8
Figura 7. <i>Trialeurodes vaporariorum</i> (Hortoinfo, 2022) .....	8
Figura 8. <i>Frankliniella occidentalis</i> (Lacasa, 2018). .....	9
Figura 9. <i>Alternaria</i> en Lechuga (Neval, 2018). .....	9
Figura 10. <i>Microdochium panattoniana</i> (Ephytia, 2024). .....	10
Figura 11. <i>Erysiphe cichoracearum</i> (Idai nature, 2020). .....	10
Figura 12. <i>Botrytis cinérea</i> (Syngenta, 2022). .....	11
Figura 13. <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> (Intagri, 2019). .....	11
Figura 14. Nodosos fijadores de nitrógeno de <i>Rhizobium</i> sp. (Briggs, 2019). .....	12
Figura 15. <i>Pseudomonas fluorescens</i> (Rodgers, 2010). .....	13
Figura 16. <i>Trichoderma</i> sp. colonizando raíz de árbol (Watt, 2018). .....	14
Figura 17. <i>Azospirillum</i> sp. (Way to grow, 2019). .....	14
Figura 18. <i>Azotobacter</i> sp. (Pavone, 2022). .....	15
Figura 19. <i>Bacillus</i> sp. (Agtech, 2023). .....	15
Figura 20. <i>Beijerinckia</i> sp. (Hendrik, 2006). .....	16
Figura 21. Efectos benéficos de <i>Burkholderia tropica</i> (Sawana, Adeoulo & Gupta) sobre el suelo y plantas (Bolívar et al., 2016). .....	16
Figura 22. Efecto de <i>Enterobacter</i> sp. como promotora de crecimiento radicular, de lado derecho el testigo sin tratamiento (Gisande, 2020). .....	17
Figura 23. Cultivo de <i>Herbaspirillum</i> sp. en agar sangre (Muñoz & Sakurada, 2018). .....	18
Figura 24. Cultivo de <i>Klebsiella</i> sp. en agar (Palazzesi, 2008). .....	18
Figura 25. Cultivo <i>In vitro</i> de <i>Streptomyces</i> sp. (García et al., 2023). .....	19
Figura 26. Efectos benéficos de las micorrizas en el suelo (Franco, 2008). .....	20
Figura 27. Ubicación del municipio de Texcoco, Estado de México (INEGI, 2024). .....	27
Figura 28. Localización de la parcela experimental dentro del Colegio de Postgraduados, campus Montecillo. .....	28
Figura 29. Germinación de lechugas en charolas bajo invernadero. .....	29
Figura 30. Orientación y distribución de los surcos de la parcela experimental. ..	30
Figura 31. División en campo del diseño experimental. .....	31
Figura 32. Distribución de bloques y tratamientos experimentales en campo. ....	31
Figura 33. Análisis de suelo y sus relaciones entre cationes, realizado previo al establecimiento del cultivo en suelo. .....	34
Figura 34. Incidencia de <i>Pseudomonas</i> sp. en plántula de lechuga. .....	35

Figura 35. Largo de hoja en plantas de lechuga establecidas en campo con aspersión de Trichoderma al suelo con 66 días después del trasplante. Nota: T1: T2: T3 T4: T5:.....	36
Figura 36. El T1 y T2 a pesar de no mostrar estadísticamente diferencias significativas, visualmente se apreciaron diferencias en todas las variables evaluadas, especialmente en el largo de hoja, diámetro ecuatorial y peso fresco de la lechuga.....	36
Figura 37. Diámetro de tallo en plantas de lechuga establecidas en campo y con aspersión de Trichoderma al suelo con 66 días después del trasplante. ....	37
Figura 38. Peso fresco de lechuga establecida a campo abierto con aspersión de Trichoderma al suelo con 66 días después del trasplante. ....	38
Figura 39. Peso fresco de raíz en plantas de lechuga establecidas en campo con aspersión de Trichoderma al suelo con 66 días después del trasplante. ....	39
Figura 40. El Tratamiento 2 mostró un mayor desarrollo de raíces de anclaje y pelos absorbentes por la síntesis adecuada de metabolitos y hormonas como consecuencia de una baja dosis de Trichoderma sp.....	39
Figura 41. Peso seco de raíz en plantas de lechuga establecidas en campo con aspersión de Trichoderma al suelo con 66 días después del trasplante. ....	40
Figura 42. Diámetro ecuatorial en plantas de lechuga establecidas en campo con aspersión de <i>Trichoderma</i> al suelo con 66 días después del trasplante.....	41
Figura 43. Como se aprecia en la imagen el tamaño de la lechuga fue directamente proporcional a las dosis aplicadas de Trichoderma, teniendo el mejor resultado en el T5 con 58.37 cm.....	41

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Principales estados productores de lechuga en México (SIAP, 2023)....	7
Cuadro 2. Cepas de <i>Trichoderma</i> spp. utilizados en la agricultura. ....	24
Cuadro 3. Cepas de <i>Trichoderma</i> spp. comercializadas en México.....	25
Cuadro 4. Tratamientos y dosis de <i>Trichoderma asperellum</i> en la producción de lechuga. ....	32
Cuadro 5. Fechas de aplicación de <i>Trichoderma asperellum</i> en la parcela experimental. ....	32

## RESUMEN

En la producción agrícola se han implementado diversas estrategias para aumentar el rendimiento y la calidad de los cultivos, el uso de *Trichoderma* sp. en el suelo puede disminuir los daños ocasionados por patógenos, promover el desarrollo vegetal o radicular, generar hormonas y degradar la materia orgánica. La presente investigación se desarrolló en el campo experimental de Chapingo (Montecillo, Texcoco, Edo. de México) durante el periodo febrero-abril 2023, donde se evaluaron en campo abierto diversas dosis de *Trichoderma asperellum* (Samuels, Lieckfeldt & Nirenberg) aplicados directamente al suelo (0.5ml/L, 1 ml/L, 1.5 ml/L, 2 ml/L) más un tratamiento testigo en la producción de lechuga variedad Iceberg. Las variables evaluadas fueron longitud de hoja, diámetro de tallo, peso fresco y diámetro ecuatorial de la lechuga, peso fresco y seco de la raíz. La comparación de medias por medio de la prueba de Tukey ( $\alpha = 0.5$ ) solo mostró diferencia significativa en el diámetro ecuatorial de la lechuga; el tratamiento que obtuvo el mayor diámetro resultó al aplicar 2 ml/L de *Trichoderma asperellum* y el menor diámetro se alcanzó con la adición al suelo de 0.5 ml/L de producto. Las dosis bajas de *T. asperellum* ( $\leq 1$  ml/L) aplicados al suelo favorecieron el diámetro del tallo, el peso fresco y seco de la raíz; mientras que, las dosis altas ( $\geq 2$ ml/L) tuvieron un impacto positivo en la longitud de hoja, el peso fresco y el diámetro ecuatorial de la lechuga. La adición al suelo de 2 ml/L de *T. asperellum* se reflejó en la calidad de la lechuga, al aumentar el diámetro ecuatorial, el peso fresco y la longitud de la hoja.

**Palabras clave:** Lechuga, *Lactuca sativa*, *Trichoderma asperellum*, Calidad, Raíces

## I. INTRODUCCIÓN

Alrededor del mundo existen una gran cantidad de zonas dedicadas a la producción de lechuga con fines comerciales. En 2023, México se colocó como el noveno productor de lechuga a nivel mundial, con una participación de 1.8 % y una tasa media anual de crecimiento de 3.2 por ciento. Este cultivar se produce en 21 estados, siendo Guanajuato el principal productor con 151,245 toneladas y el estado de México con 10,990 toneladas cosechadas (SIAP, 2024).

Según la FAO (2024), para poder abastecer los diversos mercados, la producción de lechuga y de otras hortalizas requiere de la implementación de estrategias óptimas para la disminución de enfermedades y el aumento de la calidad del producto las cuales se pueden citar: el uso racionado de fertilizantes, el control óptimo de plagas y enfermedades, así como la adición al suelo de diversos componentes como materia orgánica y microorganismos (*Trichoderma* sp.), que promueven el control de patógenos fúngicos del suelo.

Velasco *et al.* (2020), afirman que los microorganismos benéficos son degradadores de materia orgánica, encargados de liberar en la rizosfera una gran cantidad de nutrientes disponibles para las plantas; además, son promotores de fitohormonas de crecimiento y participan en la solubilización de fosforo y potasio.

Por la importancia del cultivo de lechuga a nivel nacional, el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de *T. asperellum* aplicado al suelo en la producción de lechuga y medir su impacto en los órganos vegetativos para determinar la calidad del producto.

## I. OBJETIVOS

### 1.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de *Trichoderma asperellum* aplicado al suelo en órganos vegetativos de lechuga establecida en campo abierto.

### 1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Formular las dosis de *T. asperellum* aplicados al suelo en el cultivo de lechuga.
- Determinar el efecto de *T. asperellum* en los órganos vegetativos de *Lactuca sativa*.
- Evaluar el impacto de *T. asperellum* en raíz, tallo y hoja para establecer el rendimiento y calidad obtenida en plantas de lechuga.

### 1.3. HIPÓTESIS

Hipótesis nula ( $H_0$ ): La aplicación de *T. asperellum* al suelo tiene un efecto positivo en los órganos vegetativos de la lechuga.

Hipótesis afirmativa ( $H_1$ ): La aplicación de *T. asperellum* al suelo no muestra un efecto positivo en las partes vegetativas de la lechuga.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. El origen de la producción de lechuga

La lechuga (*Lactuca sativa* L.) es una planta anual que se consume desde hace 2,000 años, los orígenes de esta hortaliza refieren el sur de Europa y en la época romana se expandió por el resto del continente. Existen referencias escritas sobre las variedades de lechuga que utilizaban los romanos y en Egipto se encontraron grabados de esta hortaliza cultivada en el año 4.500 (Agrichem, 2022).

### 2.2. Descripción y clasificación botánica de la lechuga

La lechuga es una planta anual, de cabeza paniculada y flor amarilla, el ovario es unicelular y su único óvulo madura en semilla. Dependiendo del tipo de hoja, se presentan dos variedades botánicas: las lechugas de hoja suelta y las lechugas de cabeza. El tipo de hoja suelta corresponde a la variedad botánica Crispa y el tipo de cabeza a la variedad Capitata (Osorio y Lobo, 1983).

Madueño (2017) menciona que todas las variedades de lechuga existentes pertenecen a la especie *Lactuca sativa* L., es una familia compuesta donde se incluyen: *Helianthus* (girasoles), *Sonchus* (cerraja), *Taraxacum* (diente de león), *Cichorium* (escarola), *Tragopogon* (salsifí) y *Cynara* (alcachofa).

### 2.3. Características morfológicas de la lechuga

#### 2.3.1. Raíz

De tipo pivotante con un crecimiento de hasta 30 cm, con una capacidad amplia de desarrollar pelos absorbentes, así como raíces secundarias de anclaje y absorción (Chávez & Mamani, 2023).

#### 2.3.2. Hoja

López (2019) menciona que *L. sativa* presenta hojas lisas con ausencia de peciolas, las hojas del centro tienden a apretarse más o menos dependiendo de la variedad a la que pertenezca, de igual forma sus bordes pueden ser redondos, dentados o enchinados.

### **2.3.3. Tallo**

En días más largos con elevadas temperaturas el tallo tiende a alargarse y ramificar hasta dar como resultado en el extremo superior una inflorescencia amarilla que en su etapa de madurez contará con semillas plumosas (Espinosa, 2020).

### **2.3.4. Flor**

La lechuga cultivada es una planta anual, de cabeza paniculada y flor amarilla, derivada probablemente de la lechuga silvestre o espinosa *Lactuca serriola* (Gispert, 1999).

## **2.4. El consumo de lechuga en el mundo**

La lechuga es la hortaliza de hoja más consumida en todo el mundo, principalmente en países como Estados Unidos, Canadá, Costa Rica, Belice, Cuba, Honduras, Guatemala, Kuwait y Japón; México contribuye con el 49% de su producción anual, siendo Estados Unidos su principal mercado (SADER, 2021). Se caracteriza por tener un bajo contenido calórico y ser una fuente alta de vitaminas y minerales (García *et al.*, 2023).

## **2.5. Variedades de lechuga en México y sus características**

*L. sativa* L. es una planta herbácea con sabor suave, de color verde característico, el cual es más claro hacia el tronco y más intenso en la corona; en el país predominan las variedades Baby, Escarola, Iceberg y Romana (SADER, 2018). Avendaño y colaboradores (2020), mencionan que es una de las hortalizas de hoja ancha producidas con mayor éxito en el sector agrícola, debido al incremento de la demanda en el mercado.

### **2.5.1. Variedad Baby leaf**

Son hortalizas de ciclo muy corto de aproximadamente 30 días; estas variedades producen hojas completas con una altura máxima de 12 centímetros (Figura 1) y presentan una vida de anaquel mayor, debido a que el peciolo es la única parte de la estructura expuesta a la oxidación (Balanza *et. al*, 2011).



Figura 1. *Lactuca sativa* var. Generia (Arcos, 2019).

### 2.5.2. Variedad Iceberg

Su principal característica es la forma redonda o de bola (Figura 2) que adquiere en su estado de madurez, el ciclo se compone de 95 días posteriores a la siembra. Las hojas lisas miden hasta 45 cm de la punta al tallo y presentan color verde alimonado que se desvanece conforme avanza hacia las hojas del interior; es altamente tolerante a las épocas de frío (Ccahua *et al.*, 2020).



Figura 2. *Lactuca sativa* var. Iceberg (Agricultores El Fuerte, 2021).

### 2.5.3. Variedad Romana

Dicha variedad debe su nombre a su procedencia de la zona del Mediterráneo, su crecimiento es fototrópico positivo, siendo una variedad de hojas alargadas (Figura 3); su estado de madurez y corte se considera al desarrollar 35 hojas conformadas alrededor de su roseta (Martínez & Garcés, 2010).



Figura 3. *Lactuca sativa* var. Romana (Carrasco & Sandoval, 2016).

#### 2.5.4. Variedad Crispa

A diferencia de otras variedades de lechuga, *Lactuca sativa* var. *Crispa* (Figura 4) presenta mayor sensibilidad a temperaturas bajas, la temperatura óptima para su desarrollo oscila los 18°C y posee un fotoperiodo largo. Su sabor amargo se les atribuye a sustancias presentes en su sistema vascular como lactupirina y lactucina, las cuales fungen como estimulantes del apetito (Gromaz, 2016).



Figura 4. *Lactuca sativa* var. Crispa (Florensa, 2024)

### 2.6. Producción de lechuga en México

Bobadilla *et al.* (2010) afirman que el consumo per cápita de lechuga en México es de 2.5 kg., con una producción de 254,261 toneladas métricas. Los principales Estados productores de lechuga en México se muestran en el cuadro 1.

Cuadro 1. Principales estados productores de lechuga en México (SIAP, 2023).

ESTADOS PRODUCTORES DE LECHUGA EN MÉXICO	
ESTADO	TONELADAS
Guanajuato	181 mil
Zacatecas	79 mil
Puebla	66 mil
Aguascalientes	46 mil
Baja California	31 mil

## 2.7. Plagas y enfermedades en la producción de lechuga

La presencia de las plagas y enfermedades en la lechuga obedecen a la conjunción de la susceptibilidad del cultivar, el ambiente y a la presencia de plagas o patógenos asociados al cultivo (Agromatica, 2023).

### 2.7.1. Plagas

#### 2.7.1.1. Gusano gris (*Agrotis* sp. Ochsenheimer)

Noctuidae es una subfamilia dispersa en todo el mundo, su estado larvario (Figura 5) es de hábitos alimenticios polífagos, lo que representa una amenaza en diferentes cultivos; las especies como *Agrotis segetum* (Denis & Schiffermüller), *A. ipilson* (Hufnagel) y *A. exclamationis* (Linneaus) están relacionadas con daños en cereales, leguminosas y hortalizas, entre ellas la lechuga (Caballero *et al.*, 1989).



Figura 5. *Agrotis* sp (Ponomarev, 2014)

#### 2.7.1.2. Minadores (*Liriomyza trifolii* Burgess)

*L. trifolii*, es una de las tres especies del género *Liriomyza* (Figura 6) identificada como plaga en plantas cultivadas, las hembras ovipositan en las hojas de la lechuga, posteriormente la larva emerge y se alimenta por dentro de la lámina foliar; sin

embargo, se han encontrado larvas formando galerías en los tallos (Alfonso *et al.*, 2019).



Figura 6. *Liriomyza trifolii* (Pullen, 2019).

#### 2.7.1.3. Mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum* Westwood)

En la figura 7, Bueno *et al.* (2005) mencionan que *T. vaporariorum* ha sido reportada como plaga principal en solanáceas, crucíferas, cucurbitáceas y hortalizas; induciendo al uso masivo de insecticidas por la dificultad que implica el control de este insecto en las plantas de lechuga.



Figura 7. *Trialeurodes vaporariorum* (Hortoinfo, 2022)

#### 2.7.1.4. Trips (*Frankliniella occidentalis* Pergande)

*F. occidentalis*, mejor conocido como trips (Figura 8) en la agricultura encabezan la lista de insectos vectores de virus y son considerados una de las plagas más dañinas por la amplia gama de cultivos que atacan; la respuesta de los adultos

voladores hacia el color de las hojas de lechuga induce a su atracción como respuesta a su actividad alimenticia (Marullo & Mound, 2002).



Figura 8. *Frankliniella occidentalis* (Lacasa, 2018).

## 2.7.2. Enfermedades

### 2.7.2.1. Alternaria (*Alternaria dauci* Groves & Skolko – *Stemphyllium* spp. Wallr)

Ben *et al.* (2007) reporta que el tizón foliar (Figura 9) causado por *A. dauci* y *Stemphyllium* spp., es un factor limitante para la producción hortícola de crucíferas, induciendo a los productores a realizar aplicaciones de productos fungicidas como Difenconazol y Cloratolonil en intervalos de 3 a 10 días durante todo el ciclo de producción.



Figura 9. Alternaria en Lechuga (Neval, 2018).

### 2.7.2.2. Antracnosis (*Microdochium panattoniana* Sutton, Galea & Price)

En la Figura 10, Newhall (1941) indica que *M. panattoniana*, es el agente causal de la antracnosis, agujero de bala o la mancha anular de las hojas de las lechugas

y fue observada por primera vez en huertos de Nueva York. Se estima que el patógeno permanece de tres a seis meses en el suelo y se han encontrado plantas infectadas creciendo de forma silvestre.



Figura 10. *Microdochium panattoniana* (Ephytia, 2024).

### 2.7.2.3. Oídio (*Erysiphe cichoracearum* DC.)

*E. cichoracearum* es un hongo biotrófico obligado de gran importancia económica que afecta una amplia gama de plantas, la infección se limita a la superficie de las hojas (Figura 11) y la epidermis de la planta (Koh *et al.*, 2005).



Figura 11. *Erysiphe cichoracearum* (Idai nature, 2020).

### 2.7.2.4. Podredumbre gris (*Botrytis cinerea* Whetzel)

*B. cinerea* origina un crecimiento en forma de moho gris (Figura 12) en una amplia diversidad de especies vegetales, se caracteriza por la producción de enzimas que

degradan la pared celular de la planta y contribuye al cambio del tejido vegetal del huésped en biomasa fúngica (Nakahima & Akutsu, 2013).



Figura 12. *Botrytis cinérea* (Syngenta, 2022).

#### 2.7.2.5. Esclerotinia (*Sclerotinia sclerotiorum* Bary)

Agente causal de la pudrición del tallo en más de 500 especies vegetales, infecta hojas, tallos y vainas; es responsable de la pérdida del 80% del rendimiento total, debido a la amplia variedad morfológica de *S. sclerotiorum* (Figura 13) representa un importante reto agrícola en el cultivo de lechuga (Sharma *et al.* 2015).



Figura 13. *Sclerotinia sclerotiorum* (Intagri, 2019).

### 2.8. La aplicación de hongos benéficos en la agricultura

En la actualidad existe una amplia variedad microorganismos benéficos para la agricultura, entre ellos algunos hongos como *Trichoderma* spp. y micorrizas (Brown, 2018). *Trichoderma* spp. estimula el crecimiento de la planta y disminuye la predisposición al ataque de enfermedades por su amplio espectro de acción de patógenos que regulan (Cano, 2011).

A diferencia de los plaguicidas químicos, la aplicación correcta de *Trichoderma* spp. provoca una acción más eficiente y duradera sobre el control del patógeno, ya que suma modos de acción como son: competencia por el sustrato, microparasitismo, resistencia inducida, entre otros (Infante *et al.*, 2009). Andrade *et al.* (2023) consideran que *Trichoderma* spp. no solo funge como agente antagónico-fúngico, si no que estimula la síntesis de auxinas y giberelinas, actuando como promotor de desarrollo.

## 2.9. Microorganismos benéficos utilizados en la agricultura

La agricultura sustentable ha incorporado el uso de microorganismos benéficos como hongos, bacterias y virus como una herramienta básica en los cultivos, buscando ser más limpia y amigable con el ambiente (Alvarez *et al.*, 2018). El uso de microorganismo ha demostrado ser eficiente en el control de plagas, fungir como promotores del crecimiento vegetal, mejorar la absorción de nutrientes o incluso incidir positivamente en el rendimiento de los cultivos (Viera, 2020).

### 2.9.1. *Rhizobium* sp. (Frank)

En el grupo de los rizobios sobresalen los géneros *Rhizobium* (Figura 14), *Bradyrhizobium* y *Azorhizobium* que en condiciones de limitación de nitrógeno provocan en sus huéspedes (leguminosas) la formación nódulos que convierten el nitrógeno atmosférico en amoníaco, que es utilizado por la planta como fuente de nitrógeno (Pieternel *et al.*, 1995).



Figura 14. Nódulos fijadores de nitrógeno de *Rhizobium* sp. (Briggs, 2019).

### 2.9.2. *Pseudomonas fluorescens* (Migula)

Se considera que *Pseudomonas* sp. (Figura 15) promueve el crecimiento de la planta y disminuye los signos de estrés causado por los metales pesados; algunas especies son tolerantes a cadmio, producen auxinas y sintetiza sideróforos (molécula soluble que capta hierro). Las plantas inoculadas con las bacterias incrementan la biomasa y su capacidad para la acumulación de cadmio (Rolón *et al.* 2021).



Figura 15 *Pseudomonas fluorescens* (Rodgers, 2010).

### 2.9.3. *Trichoderma* sp (Persoon).

Es un hongo aerobio (Figura 16) que ayuda a mejorar el desarrollo de una amplia variedad de cultivos por encontrarse en la rizósfera, se caracteriza por tener un rápido crecimiento, capacidad de colonización y producción de metabolitos con actividad antimicrobiana. Sus principales beneficios son la inhibición de los fitopatógenos por medio del mico parasitismo, la inducción a la resistencia sistémica, la producción de sideróforos y antimicrobianos; también promueve el crecimiento vegetal, el aporte de nutrientes por la degradación de la materia orgánica y la solubilización de fosfatos (González *et al.* 2022).



Figura 16. *Trichoderma* sp. colonizando raíz de árbol (Watt, 2018).

#### **2.9.4. *Azospirillum* sp. (Tarrand, Krieg & Döbereiner)**

Pertenece al grupo de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal, tiene la característica de establecerse en el complejo medio de la rizosfera. En plantas de jitomate la bacteria *Azospirillum* (Figura 17) se comporta de forma predominante con relación a las bacterias de los géneros *Azotobacter*, *Pseudomonas*, *Bacillus* y *Streptomyces* (Alfonso *et al.*, 2005).



Figura 17. *Azospirillum* sp. (Way to grow, 2019).

#### **2.9.5. *Azotobacter* sp. (Beijerinck)**

Wani *et al.* (2013) afirman que la primera especie de *Azotobacter* (Figura 18) fue aislada en 1901 alimentándose de materia orgánica y exudados radiculares, su principal característica es su alta capacidad para fijar nitrógeno atmosférico en el

suelo. Realiza la asimilación de fosfatos, la síntesis de auxinas, citoquininas, giberelinas y compuestos fenólicos; también asimilan elementos promotores de crecimiento que aumentan el rendimiento de diferentes cultivos del 2 al 45 por ciento.

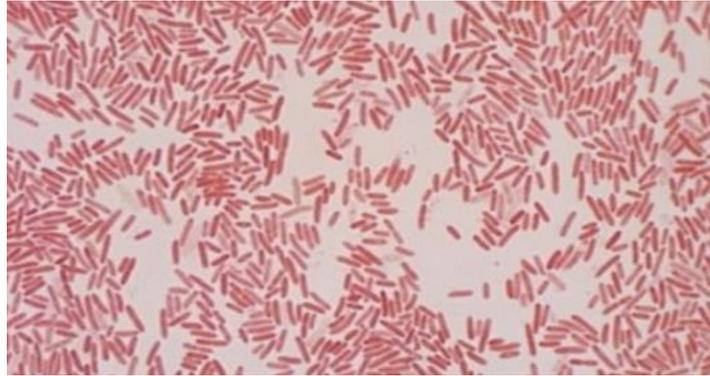


Figura 18. *Azotobacter* sp. (Pavone, 2022).

#### 2.9.6. *Bacillus* sp. (Cohn)

*Bacillus* spp. se considera una rizobacteria promotora del crecimiento vegetal, por tener mecanismos directos e indirectos que benefician a los cultivos a través de la colonización del sistema radicular. La función de *Bacillus* (Figura 19) consiste en la fijación biológica de nitrógeno, solubilización de fosfatos, producción de fitohormonas y antimicrobianos, control biológico de enfermedades, producción de sideróforos e inducción a la resistencia sistémica (González *et al.* 2022).



Figura 19. *Bacillus* sp. (Agtech, 2023).

#### 2.9.7. *Beijerinckia* sp. (Beijerinck)

Este género pertenece al grupo de rizobacterias promotoras de crecimiento (Figura 20), tiene la capacidad de recuperar un promedio de 50% del NPK aplicado

en fertilización al suelo, puede fijar hasta 1.6 ppm de amonio (N) al suelo, solubilizan de manera eficiente fosfatos, producen indoles y presentan resistencia al sodio (Corrales *et al.* 2020).

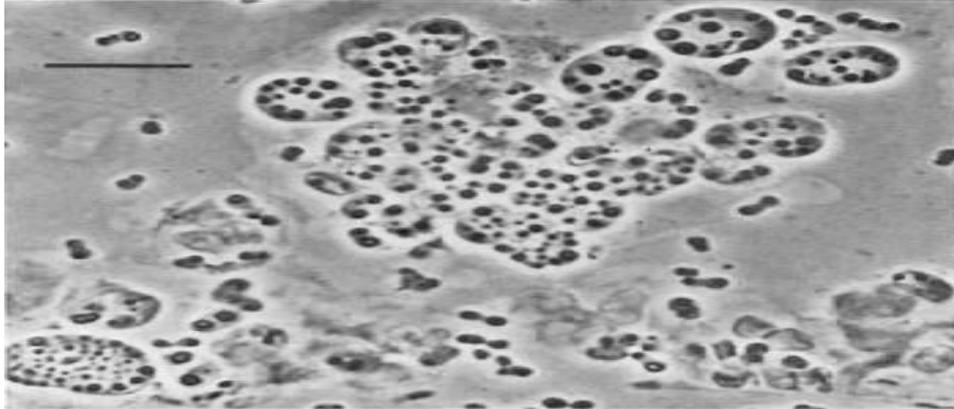


Figura 20. *Beijerinckia* sp. (Hendrik, 2006).

### 2.9.8. *Burkholderia* sp. (Burkholder & Yabuuchi)

Es una bacteria que se aloja en la rizosfera del suelo (Figura 21), dentro de la raíz y tallos de las plantas sin provocar algún daño; realiza una alta solubilización de fosfatos e induce al crecimiento. Tienen la capacidad de sintetizar exopolisacáridos que mejoran las características fisicoquímicas del suelo, producen sideróforos que habilitan la protección de las plantas contra patógenos e inhiben el crecimiento de hongos fitopatógenos (Bolívar *et al.* 2016).

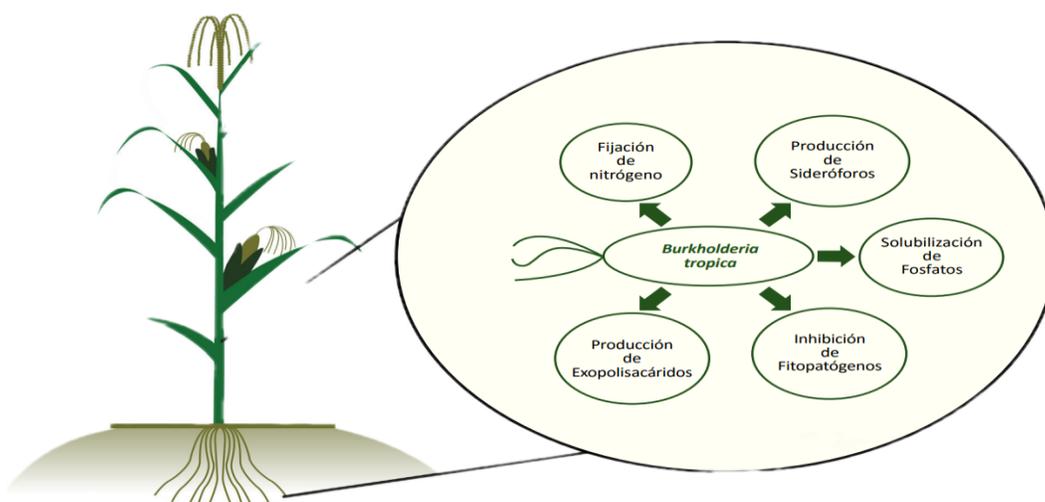


Figura 21. Efectos benéficos de *Burkholderia tropica* (Sawana, Adeoulo & Gupta) sobre el suelo y plantas (Bolívar *et al.*, 2016).

### 2.9.9. *Enterobacter* sp. (Hormaeche & Edwards)

Son un género de rizobacterias que se desarrollan con gran velocidad en la mayoría de los suelos y aguas, son agentes fijadores de nitrógeno y promotores de crecimiento (Figura 22); su principal característica radica en el incremento del porcentaje de germinación y el aumento del desarrollo radicular. Estimulan la emergencia de pelos absorbentes, raíces laterales y mayor biomasa radical; convirtiéndolo en un agente importante para la elaboración de biofertilizantes (Hernández *et al.* 2015).



Figura 22. Efecto de *Enterobacter* sp. como promotora de crecimiento radicular, de lado derecho el testigo sin tratamiento (Gisande, 2020).

### 2.9.10. *Herbaspirillum* sp. (Baldani, Seldin & Döbereiner)

Es un género de bacterias endófitas fijadoras de nitrógeno y promotoras de crecimiento, sintetizan fitohormonas como ácido indolacético y giberelinas, pueden encontrarse en una gran variedad de aguas y suelos. El mecanismo de acción de *Herbaspirillum* (Figura 23) puede ser directo promoviendo el crecimiento o indirectos al aumentar la densidad de pelos radiculares que ayudan a la planta a tener una mayor absorción de nutrientes; la concentración de dicha bacteria en los tejidos de la planta dependerá de factores como el genotipo, el tipo de estructura, el estado fenológico y el flujo de fotosintatos (Punschke & Mayans, 2011).

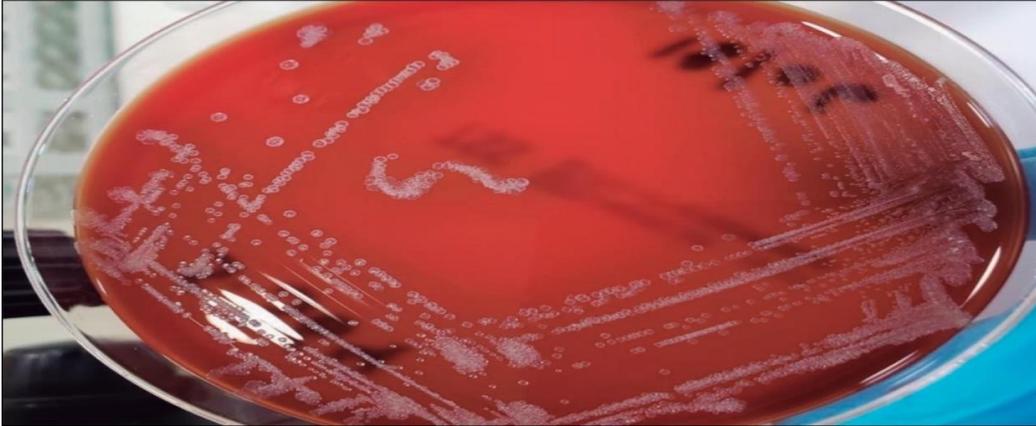


Figura 23. Cultivo de *Herbaspirillum* sp. en agar sangre (Muñoz & Sakurada, 2018).

### 2.9.11. *Klebsiella* sp. (Trevisan)

Es un género de bacilos Gramm negativos fijadores de nitrógeno (N) que promueven el desarrollo de las plantas de formas directas e indirectas. *Klebsiella* sp. (Figura 24) tiene la capacidad de volver asimilables fosfatos que eran insolubles a través de la síntesis de enzimas, es capaz de mejorar suelos contaminados con plomo, fomentar la microflora y de reducir los niveles de contaminación al suelo por Atrazina en un 97% en suelos neutros o ligeramente alcalinos (Pancho & Muñoz, 2023).

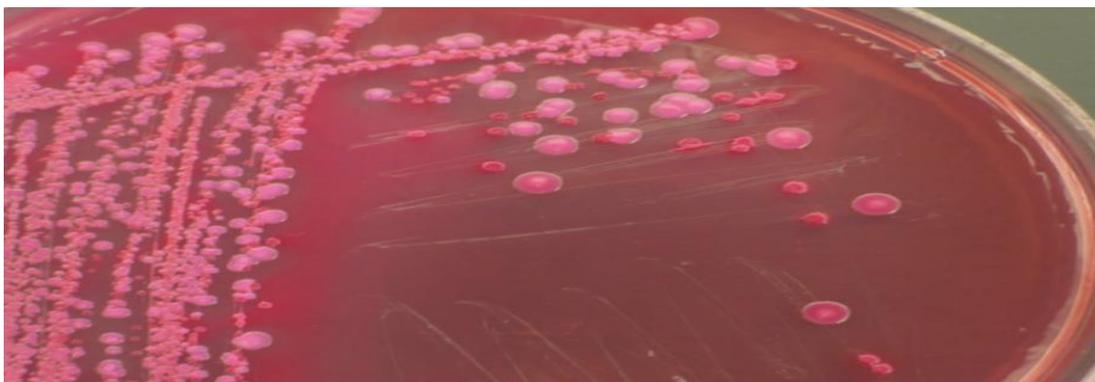


Figura 24. Cultivo de *Klebsiella* sp. en agar (Palazzesi, 2008).

### 2.9.12. *Streptomyces* sp. (Waksman & Henrici)

Son bacterias Gramm positivas con capacidad para fijar nitrógeno atmosférico al suelo, promover el crecimiento y control biológico ante patógenos. *Streptomyces* sp. (Figura 25) es capaz de vivir de manera libre o colonizando raíces de plantas y vivir

endófitamente en ellas, promoviendo la producción de auxinas y metabolitos secundarios de defensa para suprimir el ataque de patógenos; en semillas la correcta inoculación de *Streptomyces* aumenta el porcentaje de germinación (García *et al.*, 2023).

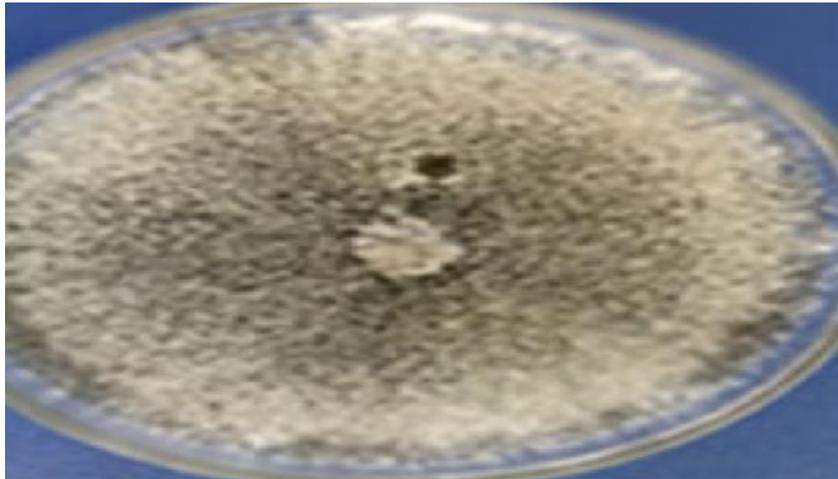


Figura 25. Cultivo *In vitro* de *Streptomyces* sp. (García *et al.*, 2023).

### 2.10. Micorrizas (Bernard)

Son derivadas de una relación de simbiosis entre la parte radicular de la planta y los hongos presentes en los suelos del mundo, existiendo desde la era Devónica. Las micorrizas se dividen en endomicorrizas en las que el micelio se desarrolla dentro de las células de la raíz y las ectomicorrizas, las cuales desarrollan un micelio que rodea la estructura radicular (Carrillo *et al.*, 2022).

La función primordial de las relaciones micorrízicas es facilitar la absorción de agua, fósforo y nitrógeno; también inciden en la protección ante ataque de patógenos, la síntesis de metabolitos secundarios de defensa y generan una red que interconecta por el subsuelo las raíces de la misma planta o incluso con raíces de otras plantas (Figura 26), aumentando la búsqueda y absorción de recursos. Las hifas micorrízicas también funcionan como alimento para microorganismos benéficos del suelo (Camargo *et al.*, 2012).

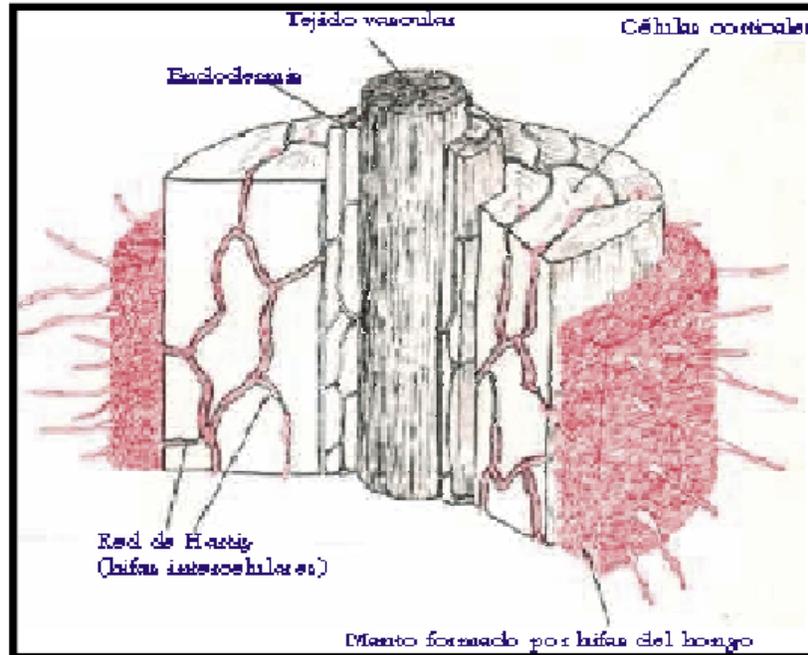


Figura 26. Efectos beneficios de las micorrizas en el suelo (Franco, 2008).

### 2.11. Microorganismos biológicos para el control de fitopatógenos

El uso de microorganismos benéficos como hongos, bacterias o virus, han contribuido para el desarrollo de la agricultura orgánica. Entre los principales microorganismos aplicados en cultivos se encuentran los géneros *Trichoderma* y *Beauveria*; estos agentes biológicos han probado su eficiencia en el control de plagas a través de distintos mecanismos de acción como antibiosis, micoparasitismo o competencia, al estimular el crecimiento vegetal (biomasa radicular) y mejorando la absorción de nutrientes (Chiriboga *et al.* 2015).

Yossen *et al.* (2013) realizaron una investigación en almácigos con corteza, viruta de pino y algarrobo previamente compostados, más un aislamiento de *Trichoderma harzianum* para evaluar la supresión de *Rhizoctonia solani* Kuhn en plantas de lechuga; en el experimento se observó que todos los compost promovieron el crecimiento de las plantas, mientras que la viruta de pino y algarrobo triplicaron el peso y aumentaron la altura. La inoculación con *T. harzianum* disminuyó la incidencia de la enfermedad, aumentando los valores de peso y altura de las plantas.

Cepeda y Avil (2014) realizaron diluciones de una cepa de *Trichoderma* sp. para aplicarlos en cultivos nativos y comerciales de chícharo, donde se evaluaron las variables: altura de planta, número de tallos, incidencia de enfermedades, área foliar, peso fresco, seco y longitud de la raíz. Los resultados obtenidos indicaron que en los cultivos comerciales de chícharo, la aplicación de *Trichoderma* mejoró significativamente el crecimiento y desarrollo del cultivar.

En un estudio para reducir los niveles del nemátodo *Meloidogyne* spp. en la producción de tomate, se evaluó el efecto de la gallinaza (2,4 kg/ha), melaza (10 l/ha) y *Trichoderma* spp. (9 kg/ha), comparado con un tratamiento control. Los resultados mostraron una disminución de *Meloidogyne* spp., mientras que las aplicaciones de *T. viride*, *T. harzianum*, melaza y gallinaza mostraron un efecto estimulante sobre los parámetros morfológicos, fisiológicos y productivos del cultivo de tomate (Santana *et al.*, 2014).

El crecimiento longitudinal de tallos y raíces fue evaluado en plántulas de tomate *Solanum lycopersicum* L., después de la aplicación de cuatro aislamientos de *Trichoderma asperellum* (T25, T46, T84 y T109). Se observó que el aislamiento T109 causó un incremento significativo del crecimiento longitudinal en tallos, raíces y en el peso seco de las plántulas. El estímulo del crecimiento de *T. asperellum* en plántulas de tomate, sólo ocurre con aislamientos particulares y rangos de concentración específicos (Ramírez *et al.*, 2013).

Cubillos-Hinojosa *et al.* (2009) demostraron que *T. harzianum* estimuló la germinación y el crecimiento de plántulas de Maracuyá *Passiflora edulis* (Sims), así como una disminución de *Fusarium* spp. debido a la actividad antagónica frente a este hongo. En diversos tipos de suelo libres de patógenos, se ha observado que *Trichoderma* spp. puede actuar como bioestimulante, incrementando el crecimiento de las raíces y de las plantas en general (Olmedo y Casas, 2014).

Ademas del control biológico que representa *Trichoderma* spp., Suárez *et al.* (2023) demostraron que su aplicación potencializó el desarrollo radicular específicamente de pelos absorbentes y aumentó el crecimiento vegetativo.

Camargo & Ávila (2013) demostraron que la inoculación de *T. harzianum* en dosis elevadas en el cultivo de chícharo, aumentaron el 45% el área foliar, 21% la longitud radicular y hasta 65% el peso seco de la raíz.

## 2.12. Descripción del género *Trichoderma* (Persoon)

Alarcón *et al.* (2019) describen a *Trichoderma* spp. como un hongo con alta capacidad de adaptación y producción de metabolitos primarios y secundarios, lo que lo vuelve una especie de amplio interés ambiental que puede ser utilizado como biocontrol contra hongos fitopatógenos.

División: Mycota

Subdivisión: Eumycota

Clase: Hyphomycetes

Orden: Moniliales

Familia: Moniliaceae

Género: *Trichoderma* (Persoon, 1801)

*Trichoderma* es un hongo saprófito que se alimenta de la materia orgánica del suelo, troncos y restos de plantas, son utilizados como biofertilizantes y biofungicidas; se caracterizan por tener un amplio espectro de control de hongos aéreos y terrestres. Presentan diferentes mecanismos de acción, por ello se han realizado numerosos estudios para obtener especies y cepas con efecto antagonista frente a patógenos (Infante *et al.*, 2019).

El principal uso de *Trichoderma* spp. es combatir patógenos fúngicos como mildiu polvoriento, con una reducción del 23.2% de incidencia, tiene gran capacidad de degradar residuos de plantas contaminadas y restos de cosechas; sus principales mecanismos de acción son competencia directa, producción de metabolitos antibióticos y parasitismo directo (Valdés, 2014). Martínez *et al.* (2013) argumenta que *Trichoderma* spp. se adapta a temperaturas promedio de 4 – 33°C, siendo el principal factor determinante en la esporulación del hongo el espectro de luz; el

hongo se mantiene estable en PH's de 5.5 – 8.5, disminuyendo su capacidad de colonización fuera de esos rangos.

*Trichoderma* spp. sintetiza algunos metabolitos como diterpenos tetracíclicos, esquiterpenos y triterpeno viridin, convirtiéndolo en un excelente agente biocontrolador y estimulador de desarrollo, por su capacidad para sintetizar vitaminas y hormonas (Hernández *et al.* 2019). Andrade y colaboradores (2023), documentan el uso de *Trichoderma* como restaurador de la flora microbiana en los suelos, antagonista a hongos fitopatógenos y como regulador de crecimiento; sin embargo, el factor más relevante es la capacidad que tiene de resistir a diferentes dosis de agroquímicos.

### **2.13. Mecanismos de acción de *Trichoderma* spp (Persoon)**

La competencia por nutrientes y espacio, micoparasitismo, adhesión y enrollamiento son algunos de los mecanismos de acción más conocidos; sin embargo, Infante *et al.* (2009) revela que la actividad lítica derivada de la producción de enzimas como quitinasas, proteasas y glucanas conforman un nuevo mecanismo de acción que debilitan la pared celular del patógeno y permiten el acceso de las hifas de *Trichoderma*.

Camelino (2023) refiere que la síntesis de fosfolipasa como mecanismo de acción, degrada los lípidos de las membranas celulares patogénicas al ser estimuladas por el crecimiento del hongo *Trichoderma* spp. Stocco (2012) encontró que las aplicaciones de *Trichoderma* spp. en trigo causaron reducciones del 38 al 78% en plantas inoculadas con *Septoria tritici* (Quaedvl & Crous) y en estudios similares se reportó un aumento del 33% en el peso seco de la raíz.

### **2.14. Cepas de *Trichoderma* (Persoon) utilizados en la agricultura**

El género *Trichoderma* comprende más de 89 especies, las cuales se describen en el cuadro 2, con las enzimas sintetizadas por cada una de estas (Hernández *et al.* 2019).

Cuadro 2. Cepas de *Trichoderma* spp. utilizados en la agricultura (Hernández *et al.*, 2019).

Principales cepas de <i>Trichoderma</i> utilizados y las enzimas que liberan	
Cepa de <i>Trichoderma</i>	Enzima
<i>T. harzianum</i>	Quitinasas
<i>T. viride</i> ATCC	Celulasas
<i>T. reesei</i>	Celulasas, hemicelulasas
<i>T. longibratum</i>	Xilanasas
<i>T. asperellum</i>	Glucanasas, quitinasas, hemicelulasas
<i>T. koningiopsis</i>	Endo-1,4- $\beta$ -glucanasas
<i>T. longibrachiatum</i>	Celulasas, glucanasas e hidrolasas
<i>T. inhamatum</i>	Celulasas, quitinasas, proteasas
<i>T. viride</i> EF-8	Pectinasas
<i>T. viride</i> IR05	Xilanasas

En el mercado existen varios productos con *Trichoderma* conformados por múltiples cepas que han demostrado un control eficiente para diversas enfermedades; son estimulantes del crecimiento vegetal a través de la formación de pelos absorbentes en las raíces para mejorar la nutrición de las plantas (Hernández *et al.*, 2019).

### 2.15. Las presentaciones de *Trichoderma* (Persoon) en el mercado

Las presentaciones comerciales de *Trichoderma* que existen en el mercado pueden ser granulares, polvos o líquidos. Es importante conocer el lugar de procedencia, proceso de aislamiento de la cepa, concentración y fecha de caducidad para poder asegurar la efectividad y eficacia de las aplicaciones (Garnica & Esparza, 2016).

### 2.16. Aplicación y dosificación de *Trichoderma* (Persoon)

La aplicación del *Trichoderma* se recomienda hacerla después del trasplante, en los primeros 15 días posteriores a esta actividad, es recomendable hacer las aplicaciones a través del sistema de riego o en drench. Se debe utilizar un volumen de agua de acuerdo con el cultivar y en concentraciones que van desde los 2 hasta

3 litros por hectárea, para evitar la lixiviación del hongo o producto (Agromatica, 2023).

En la actualidad, diversos laboratorios comerciales han desarrollado productos de diferentes microorganismos aislados, como son: *Ascophilum nodosum* (Le Jolis), *Basillus* spp., micorrizas, entre otros; sin embargo, uno de los más utilizados es a base de *Trichoderma* spp. (Cruz *et al.*, 2021), como se muestra en el cuadro 3.

Cuadro 3. Cepas de *Trichoderma* spp. comercializadas en México.

Laboratorio	Nombre comercial	Ingrediente activo
Altiara	Bioben	<i>Trichoderma harzianum</i>
Bactiva.GMBH	Bactiva	<i>T. harzianum</i> , <i>T. reesel</i> , <i>T. viride</i>
Soilagro	Biovigor	<i>T. harzianum</i> , <i>T. reesel</i> , <i>T. viride</i> + Bacterias
Grow depot	Trichoderma	<i>Trichoderma harzianum</i>
Biojal	Trichoderma Green	<i>Trichoderma harzianum</i>
BPL	Trichospore	<i>T. harzianum</i> + Algas marinas

## 2.17. Efectos de *Trichoderma* (Persoon) en la producción de lechuga

En la producción de diferentes hortalizas entre las cuales se incluye la lechuga, los tricodermas se han utilizado como agentes de control biológico, el cual ha tomado relevancia en el ámbito productivo. Las especies de *Trichoderma* spp. han demostrado poseer una alta capacidad para reducir las infecciones causadas por un amplio rango de patógenos, incrementando el crecimiento de las plantas, facilitando el desarrollo de raíces y aumentando el peso aéreo (Rodríguez, 2020).

Méndez (2006) evaluó la aplicación de *Trichoderma* y *Paecilomyces* en la siembra y trasplante de lechuga. Los mejores tratamientos fueron las combinaciones de *Trichoderma* al momento de la siembra y *Paecilomyces* al realizar el trasplante; al realizar el experimento no se encontró diferencia significativa en la longitud de raíz, pero sí se obtuvo mayor peso en las plantas de lechuga al utilizar *Trichoderma* y *Paecilomyces* al momento del trasplante respectivamente.

Rodríguez (2020) realizó un estudio bajo condiciones de invernadero con lechuga y *Trichoderma harzianum* (Rifai), con el propósito de evaluar la sanidad y el rendimiento en este cultivar. Se tomaron valores de hojas y raíces, donde se evaluaron el peso fresco, así como el crecimiento (largo y ancho). Los resultados obtenidos no expresaron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, aunque se observó un incremento en los tratamientos donde se incorporó *T. harzianum* al sustrato. Los valores más altos se reflejaron en el número de hojas y peso fresco al momento de la cosecha con respecto al testigo. Aunque no hubo diferencias significativas, se observó una tendencia de aumento en los parámetros de rendimiento con el uso de *T. harzianum*.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Área de estudio

Montecillo, Texcoco, Estado de México (Figura 27); está ubicado a una altitud de 2250 msnm, con una temperatura media anual de 15.35°C (García, 1973). Se caracteriza por su clima templado subhúmedo, con una precipitación media anual de 644.8 mm, con lluvias en verano y una oscilación térmica menor de 5°C. En esta región el mes de mayo es el mes más cálido, enero es el mes más frío y julio el mes más lluvioso; esta región se considera benéfico para la agricultura por su clima (INEGI, 2024).



Figura 27. Ubicación del municipio de Texcoco, Estado de México (INEGI, 2024).

#### 3.2. Sitio experimental

La parcela experimental (Figura 28) se ubicó en los lotes 2 y 3B (19.466856, -98.901602) del campo experimental del Colegio de Postgraduados campus Montecillo en el Estado de México. El suelo está ligeramente compactado, presenta una relación Ca/Mg baja (1.5), de tipo franco–arcilloso, con una conductividad

eléctrica baja (0.75 dS/m), pH alcalino (8.29), se requiere agregar elementos como Zinc, Hierro y materia orgánica.



Figura 28. Localización de la parcela experimental dentro del Colegio de Postgraduados, campus Montecillo.

### 3.3. Material vegetal

Se utilizaron semillas de lechuga iceberg variedad Clímax, las plantas de esta variedad presentan un color de hoja verde claro, presentan tamaño grande y con firmeza; es tolerante a la floración prematura, al daño anular o daño en las hojas exteriores.

### 3.4. Germinación

Esta etapa se desarrolló en los invernaderos del Centro de Capacitación e Innovación Tecnológica (CCIT) del Colegio de Postgraduados en Montecillo Texcoco, Estado de México. La siembra de semillas se realizó el 27 de febrero de 2023 utilizando 20 charolas de plástico de 200 cavidades, como sustrato se utilizó “peat moss” (Figura 29). Se agregó en el riego una solución nutritiva con Ultrasol Inicial<sup>®</sup> (15-30-15), con una conductividad eléctrica de 0.698 dS/m.; para el control de enfermedades se adicionaron fungicidas en la base de las plántulas, aplicando 0.3 g/L de Manzate ProStick<sup>®</sup> y 0.15 g/L de Fungimycin 500<sup>®</sup>.



Figura 29. Germinación de lechugas en charolas bajo invernadero.

### **3.5. Dosis de fertilización**

Se empleó una dosis de fertilización 18-44-0, utilizando como fertilizante base Urea - Fosfato.

### **3.6. Análisis de suelo**

Previo al establecimiento de las plántulas en la parcela experimental, se realizó un muestreo de suelo al azar para determinar las características físicas y de nutrición. Las muestras fueron enviadas y analizadas en el Laboratorio de Análisis de Suelo y Nutrición FERTILAB®.

### 3.7. Preparación del sitio experimental

Se realizó labranza de la superficie con rastra para eliminar maleza y descompactar el suelo, lo anterior para permitir el desarrollo radicular del cultivo y tener un suelo con drenaje óptimo. Posteriormente se niveló el terreno dando una inclinación adecuada para el flujo de agua y se realizó el surcado con una distancia entre surcos de 40 cm (Figura 30).

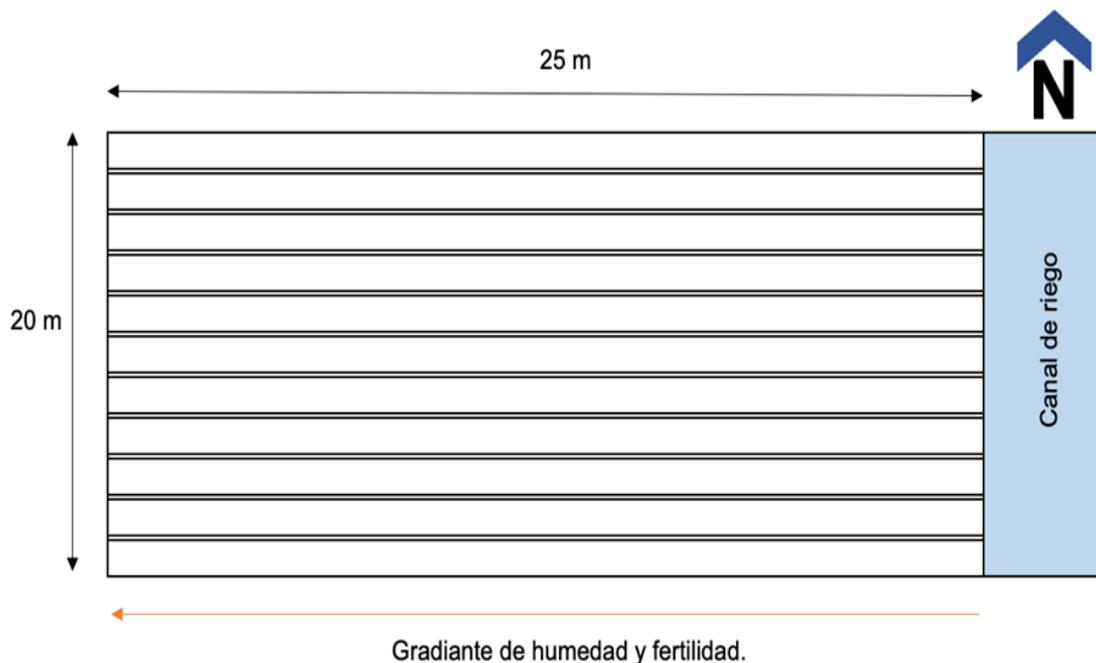


Figura 30. Orientación y distribución de los surcos de la parcela experimental.

### 3.8. Trasplante

Se realizó el 30 de marzo del 2023 (32 dds) a doble hilera en la altura media del surco, con una distancia entre plantas de 40 cm y a una densidad de 620 plantas.

### 3.9. Diseño experimental y de tratamientos

Se utilizó un diseño de bloques al azar, con cuatro tratamientos más un testigo y cinco repeticiones (Figura 31); al reducir y controlar la varianza del error experimental se evitó que el gradiente de humedad y fertilidad favoreciera algún tratamiento.



Figura 31. División en campo del diseño experimental.

### 3.10. Diseño de la parcela experimental

La parcela experimental se conformó por tres surcos y se consideró el surco central de cada parcela, con la finalidad de eliminar el efecto de orilla (Figura 32) al momento de aplicar *Trichoderma asperellum* (Bio-TriBs) a las plantas.

	CANAL DE RIEGO									
BLOQUE 1		T 2		T 3		T 1		T 5		T 4
BLOQUE 2		T 4		T 1		T 2		T 3		T 5
BLOQUE 3		T 5		T 3		T 4		T 2		T 1
BLOQUE 4		T 3		T 5		T 1		T 2		T 4
BLOQUE 5		T 1		T 4		T 5		T 3		T 2

----- Surco de bordo.

———— Surco útil para medición.

Figura 32. Distribución de bloques y tratamientos experimentales en campo.

Se establecieron cinco tratamientos y cinco dosis para *Trichoderma asperellum* ( $2.0 \times 10^{11}$  esporas viables formadoras de colonias, Bio-TriBs®), como se muestra en el cuadro 4.

Cuadro 4. Tratamientos y dosis de *Trichoderma asperellum* en la producción de lechuga.

Tratamiento	Dosis (ml/l)	Equivalencia (l/ha)
1 (testigo)	-	-
2	0.5	1
3	1	2
4	1.5	3
5	2	4

### 3.11. Aplicación de *Trichoderma* (Persoon)

Se realizaron cuatro aplicaciones en drench dirigidos a la base de las plantas de lechuga; la primera posterior al trasplante (30 dds), la segunda en la etapa de recuperación del cultivar (40 dds), la tercera durante el desarrollo vegetativo (61 dds) y la cuarta previa a la etapa reproductiva (78 dds), como se observa en el cuadro 5.

Cuadro 5. Fechas de aplicación de *Trichoderma asperellum* en la parcela experimental.

Número de aplicación	Fecha de la aplicación
1	30-03-2021
2	09-04-2021
3	30-04-2021
4	18-05-2021

### 3.12. Variables agronómicas evaluadas

Las variables agronómicas evaluadas fueron peso fresco de lechuga, diámetro ecuatorial, largo de hoja, diámetro del tallo, peso fresco y seco de la raíz.

#### Largo de hoja

Se generó con el uso de un flexómetro manual de plástico Truper® FH-8M y su cuantificación se registró en centímetros.

### **Diámetro de tallo**

Los datos se tomaron en la parte media de tallo y la medición se obtuvo con la ayuda de un Vernier digital KHouse® y su cuantificación se registró en milímetros.

### **Peso fresco de la lechuga**

Se obtuvo separando la parte aérea de la raíz, la cuantificación se obtuvo con una báscula (Adir Home® modelo 1676) y su registro fue en gramos.

### **Peso fresco de raíz**

Se generó utilizando una báscula digital y el registro de los datos fue en gramos.

### **Peso seco de raíz**

Esta variable se obtuvo colocando las raíces frescas en un horno de secado y esterilización (Blue M / Power-o-matic-60®) por un periodo de 12 horas a una temperatura de 110°C, para posteriormente obtener el peso en miligramos con la ayuda de una báscula digital (Gym® 500gr).

### **Diámetro ecuatorial**

Estos valores se obtuvieron con la ayuda de un flexómetro de plástico Truper® FH-8M y su cuantificación se registró en centímetros.

### **3.13. Programa estadístico**

Los datos obtenidos se sometieron al programa estadístico SAS® (Statistical Analysis System) versión 3.0 año 2003 y la comparación de medias se realizó por medio de la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ).

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Análisis de suelo

El suelo arrojó un pH alcalino, textura media libre de carbonatos y de sales, con una conductividad hidráulica moderadamente baja. Los elementos K, B y S arrojaron muy altas concentraciones y altas concentraciones de P, Ca y Mg; la cantidad de materia orgánica en nivel moderadamente alto y nitratos a niveles medios. La disponibilidad de micronutrientes fue deficiente en hierro, muy pobre en zinc y moderadamente bajo en sodio y cobre. El alto contenido de boro es tóxico para cultivos muy sensibles, como se muestra en la figura 33.

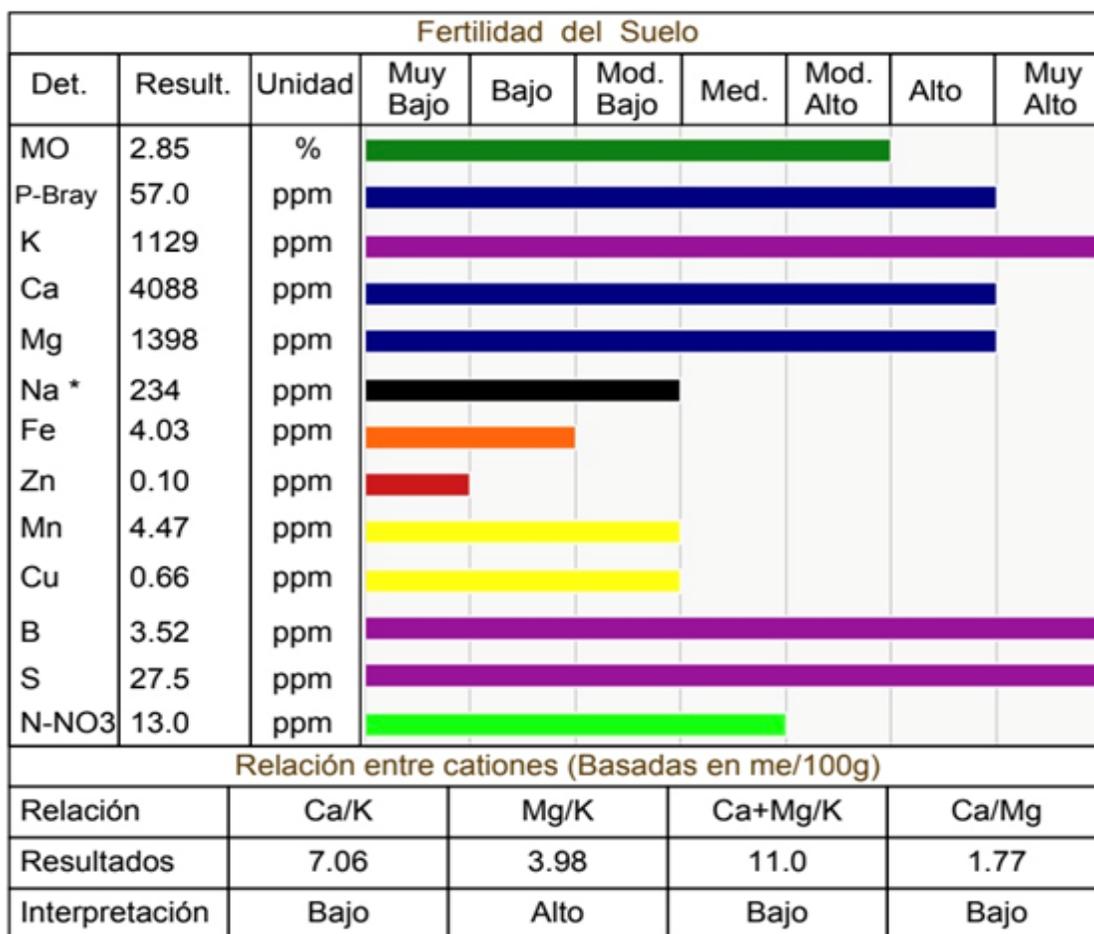


Figura 33. Análisis de suelo y sus relaciones entre cationes, realizado previo al establecimiento del cultivo en suelo.

## 4.2. Establecimiento del cultivo

A los 23 días posteriores a la siembra (22 de marzo del 2023), se observaron daños asociados a *Pseudomonas* sp. atacando las hojas del cultivo (Figura 34); por lo cual se adicionaron de forma intercalada en el sistema de riego los bactericidas Fungimycin 500® (Oxitetraciclina+estreptomicina) (0.5 g/L) y Cupravit® (Oxicloruro de cobre) (0.5 g/L), así como aspersion foliar de sales cuaternarias de amonio Pursue® (5 ml/L). Los productos aplicados lograron frenar la infección del patógeno.



Figura 34. Incidencia de *Pseudomonas* sp. en plántula de lechuga.

## 4.3. Cosecha

Se realizó a los 95 dds, cuando el cultivar se encontraba en etapa de cosecha comercial; los criterios de selección utilizados fueron: tamaño, color, desarrollo de las hojas y consistencia firme.

## 4.4. Variables evaluadas

### 4.4.1. Longitud de hoja

El análisis de varianza para la variable largo de hoja no mostró diferencias significativas ( $\alpha = 0.05$ ), aunque la comparación de medias indicó que el tratamiento que alcanzó el valor más alto fue la adición de 1.5 ml/L de *Trichoderma asperellum* con 28.70 cm; seguido de la adición de 2 ml/L con 28.25 cm; mientras que el tratamiento más bajo fue la adición al suelo de 0.5 ml/L de *T. asperellum* con 27.44 cm de largo (Figura 35). Los datos concuerdan con los resultados obtenidos por

Rodríguez (2020), quien reportó que el uso del hongo *Trichoderma* estimuló el crecimiento de la raíz y de la parte aérea. Por su parte, Rodríguez y Vargas (2022) mencionaron que las plantas inoculadas con *Trichoderma asperellum* presentaron una mayor cantidad de hojas, longitud de raíz, altura de planta y biomasa fresca; los cuales son consistentes en parte con este experimento desarrollado con plantas de lechuga (Figura 36).

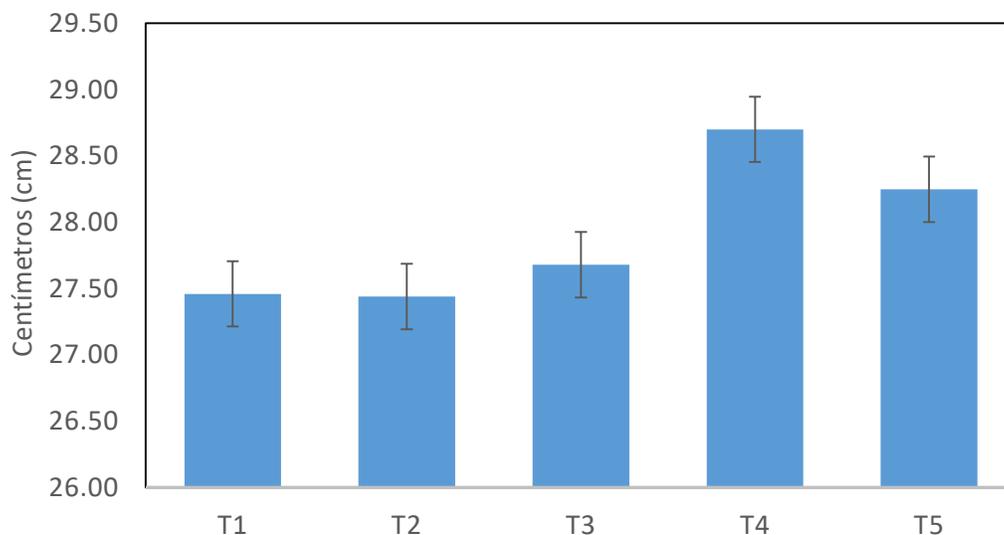


Figura 35. Largo de hoja en plantas de lechuga establecidas en campo con aspersión de *Trichoderma* al suelo con 66 días después del trasplante. Nota: T1: T2: T3 T4: T5:



Figura 36. El T1 y T2 a pesar de no mostrar estadísticamente diferencias significativas, visualmente se apreciaron diferencias en todas las variables evaluadas, especialmente en el largo de hoja, diámetro ecuatorial y peso fresco de la lechuga.

#### 4.4.2. Diámetro de tallo

El diámetro de tallo no mostró diferencias significativas ( $\alpha= 0.05$ ), la comparación de medias indicó que con la adición al suelo de 0.5 ml de *T. asperellum* se alcanzó un diámetro de 40 mm, mientras que el tratamiento que generó el menor valor fue la incorporación de 1 ml/L del hongo benéfico con 37 mm (Figura 37). Los resultados indicaron que las dosis bajas de *Trichoderma* aplicados al suelo estimularon el crecimiento del tallo en lechuga, mientras que con dosis superiores a 1 ml por litro no promovieron el crecimiento en esta parte de las plantas.

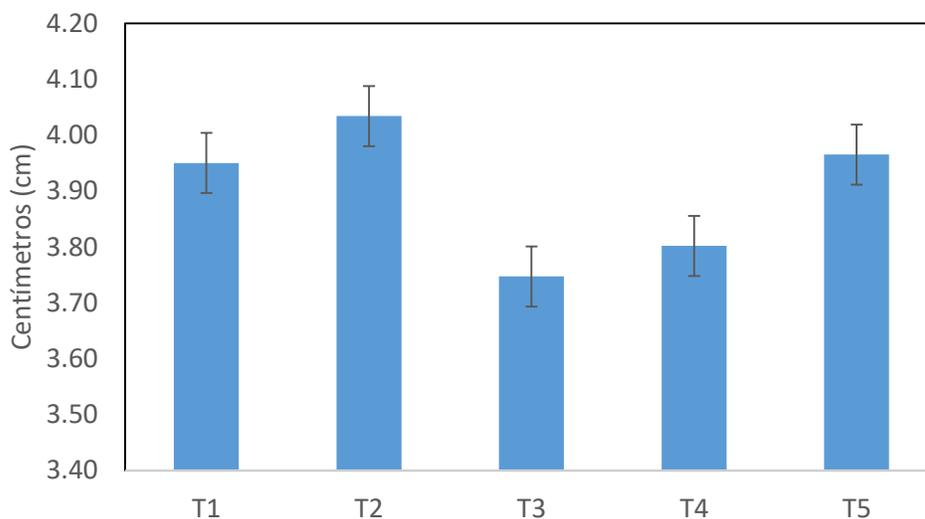


Figura 37. Diámetro de tallo en plantas de lechuga establecidas en campo y con aspersión de *Trichoderma* al suelo con 66 días después del trasplante.

#### 4.4.3. Peso fresco de la lechuga

El análisis de varianza para la variable peso fresco de la lechuga no mostró diferencias significativas ( $\alpha= 0.05$ ). La comparación de medias mediante la prueba de Tukey indicó que las dosis altas (1.5 y 2 ml por litro) de *Trichoderma* aplicadas al suelo generaron el mayor peso fresco de la lechuga, mientras que las dosis bajas (0.5 ml de *Trichoderma* por litro) disminuyeron el valor en esta variable (Figura 38). Datos similares fueron obtenidos por Rodríguez (2020) con otra especie de *Trichoderma*, al reportar que las aplicaciones de *T. harzianum* aumentaron el número de hojas y el peso fresco en el momento de la cosecha con respecto al

testigo; durante el mismo estudio no hubo diferencias significativas, sin embargo, se observó una tendencia de aumento en los parámetros de rendimiento.

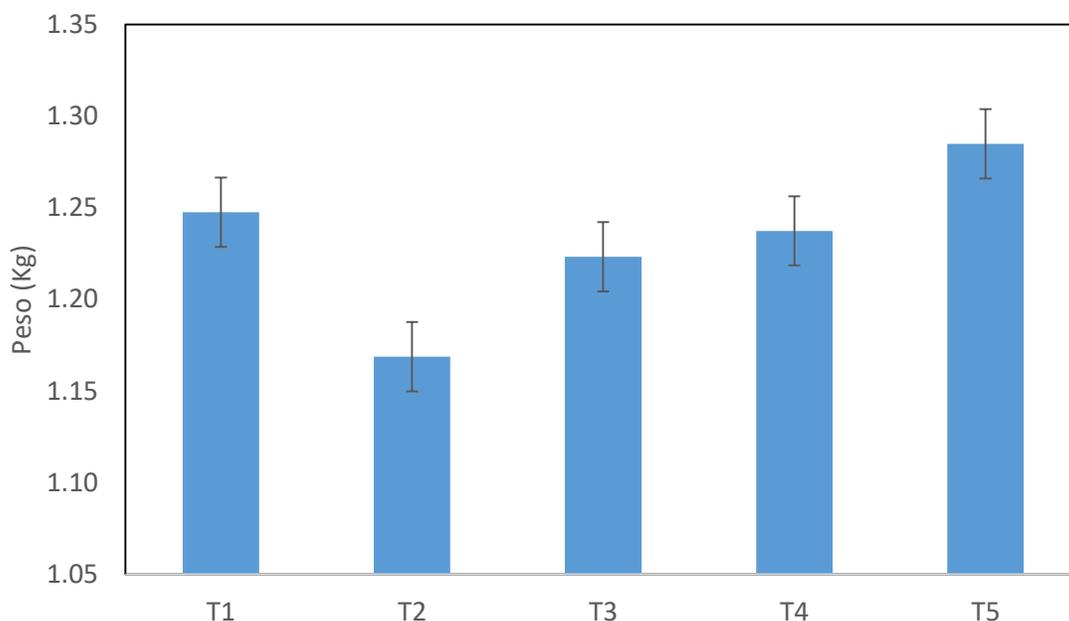


Figura 38. Peso fresco de lechuga establecida a campo abierto con aspersión de *Trichoderma* al suelo con 66 días después del trasplante.

#### 4.4.4. Peso fresco de raíz

El peso fresco de raíz no mostró diferencias significativas ( $\alpha = 0.05$ ). La comparación de medias indicó que el crecimiento de la raíz se estimuló con la adición al suelo de 0.5 ml de *Trichoderma* por litro, mientras que con la aspersión al suelo de 1 ml se disminuyó el crecimiento (Figura 39). Los resultados mostraron una tendencia en las aplicaciones al suelo del hongo *Trichoderma* spp. al aumentar el crecimiento radicular (Figura 40), el cual es favorecido por los metabolitos y hormonas liberados por la presencia de este microorganismo, así como por su gran capacidad para extraer nutrientes del suelo como lo indica Stocco (2012).

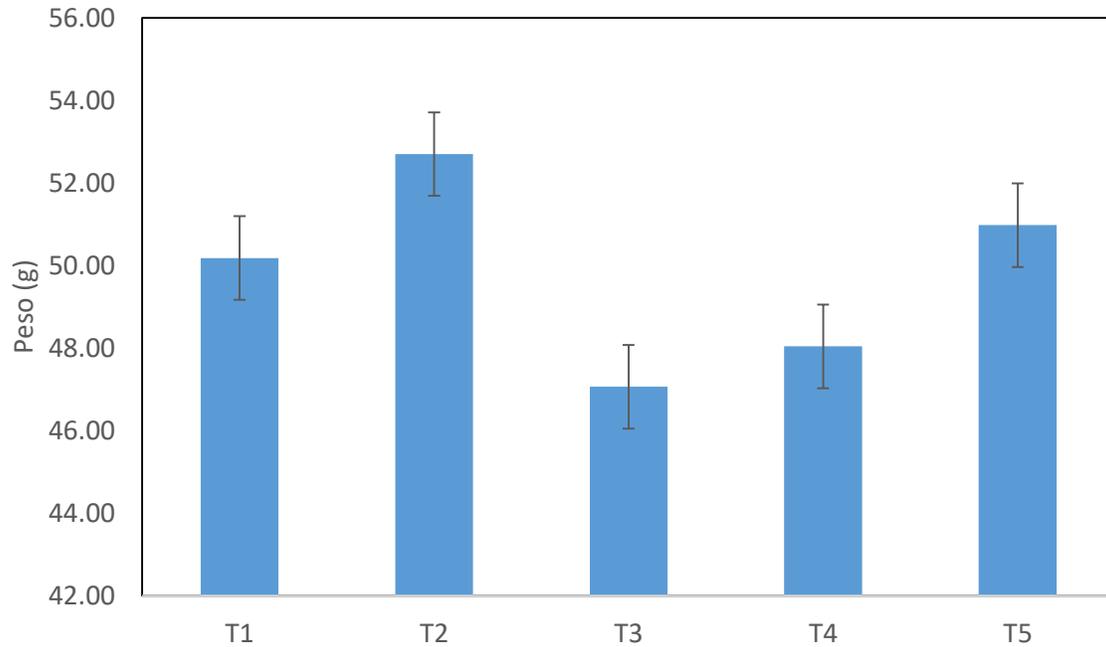


Figura 39. Peso fresco de raíz en plantas de lechuga establecidas en campo con aspersión de *Trichoderma* al suelo con 66 días después del trasplante.



Figura 40. El Tratamiento 2 mostró un mayor desarrollo de raíces de anclaje y pelos absorbentes por la síntesis adecuada de metabolitos y hormonas como consecuencia de una baja dosis de *Trichoderma* sp.

#### 4.4.5. Peso seco de raíz

En esta investigación se observó que el efecto del *Trichoderma* es mayor en dosis bajas. El peso seco de raíz no mostró diferencias significativas ( $\alpha= 0.05$ ), la comparación de medias indicó que el tratamiento que alcanzó el mayor peso seco fue la adición al suelo de 1ml por litro de *Trichoderma*, mientras que la aspersion al suelo de 1.5 ml por litro disminuyó el peso en esta variable (Figura 41). Los resultados concuerdan con los reportados por Awasthi *et al.* (2011), quienes comprobaron que la inoculación de *T. harzianum* a través de la descomposición de materia orgánica libera nutrientes en formas disponibles, que favorecen la actividad solubilizadora de fosfatos que interfieren activamente en la formación de raíces.

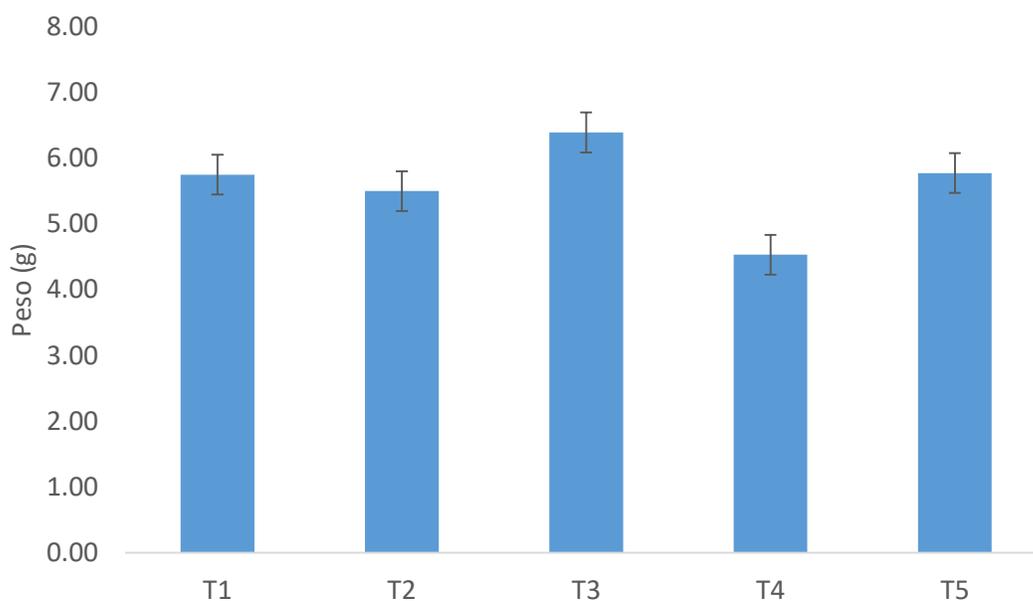


Figura 41. Peso seco de raíz en plantas de lechuga establecidas en campo con aspersion de *Trichoderma* al suelo con 66 días después del trasplante.

#### 4.4.6. Diámetro ecuatorial de la lechuga

El análisis de varianza para la variable diámetro ecuatorial mostró alta significancia ( $\alpha = 0.01$ ) en la comparación de medias mediante la prueba de Tukey (Figura 42). Se encontró que el tratamiento que alcanzó el mayor diámetro ecuatorial fue la adición al suelo de 2 ml de *Trichoderma* por litro; mientras que el tratamiento que alcanzó el menor diámetro fue la adición al suelo de 0.5 ml por litro

de *Trichoderma* (Figura 43). Estos resultados indicaron que la adición al suelo de dosis altas de este hongo (2 ml/L) favorecen la liberación de hormonas para la degradación de la materia orgánica; así como un aumento en la disponibilidad de nutrientes, los cuales incrementan el desarrollo de las plantas como lo indica Ramírez *et al.* (2013).

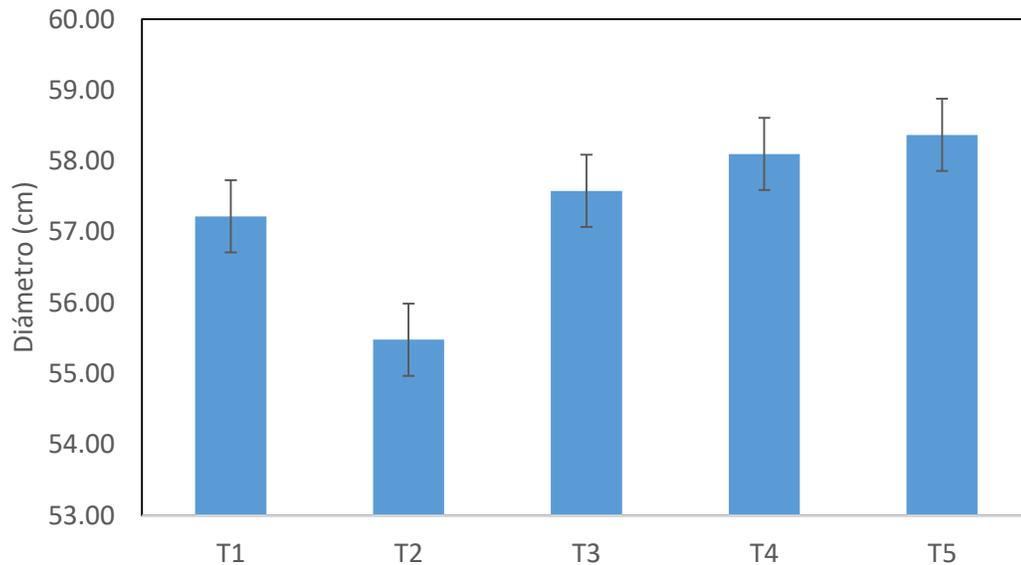


Figura 42. Diámetro ecuatorial en plantas de lechuga establecidas en campo con aspersión de *Trichoderma* al suelo con 66 días después del trasplante.



Figura 43. Como se aprecia en la imagen el tamaño de la lechuga fue directamente proporcional a las dosis aplicadas de *Trichoderma*, teniendo el mejor resultado en el T5 con 58.37 cm.

## V. CONCLUSIONES

La aplicación de *Trichoderma asperellum* al suelo en el cultivo de lechuga, obtuvo significancia positiva en el diámetro ecuatorial de la lechuga.

Las dosis bajas (0.5 y 1 ml/L) de *Trichoderma asperellum* se reflejaron en las variables base o de anclaje (diámetro de tallo, peso fresco y seco de raíz) de las plantas de lechuga.

La adición al suelo de 2 ml/L de *Trichoderma asperellum* se refleja en la calidad de la lechuga, al aumentar el diámetro ecuatorial, el peso fresco y el largo de la hoja.

Se recomienda realizar investigaciones futuras con diferentes dosis de *Trichoderma* en diversos cultivos, para determinar la dosis óptima, los rendimientos y calidad de cosecha.

## VI. LITERATURA CITADA

- Adminagtech (2023, 8 de febrero). ¿Qué es *Bacillus thuringiensis* y cómo actúa contra las larvas de lepidópteros?. Agtech. <https://agtechamerica.com/que-es-el-bacillus-thuringiensis-y-como-actua/>
- Agroautentico. (2019, 2 de marzo). La primera babyleaf de iceberg. <https://agroautentico.com/2019/03/salads-dynamics-iceberg-baby-leaf-syngenta/>
- Alfonso, E., Leyva, A. y Hernández, A. (2005). Microorganismos benéficos como biofertilizantes eficientes para el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill). Revista Colombiana de Biotecnología 6 (2): 47-54
- Alfonso, J., Santos, A., Hernández, H., Palacios, R., Ramírez, A. y Cruz, B. (2019). Daño de *Liriomyza trifolii* (DIPTERA: AGROMYZIDAE) en genotipos de chile soledad (*Capsicum annum* L.). Entomología mexicana 6: 308-313.
- Alvarez, M., Tucta, F., Quispe, E., y Meza, V. (2018). Incidencia de la inoculación de microorganismos benéficos en el cultivo de fresa (*Fragaria* sp.) Scientia Agropecuaria 9 (1): 33-42
- Andrade, P., Rivera, M., Landero, N., Silva, H., Martínez, S., y Romero, O. (2023). Beneficios ecológicos y biológicos del hongo cosmopolita *Trichoderma* spp. en la agricultura: una perspectiva en el campo mexicano. Revista Argentina de Microbiología, 55 (4): 366-377.
- Andrade, P., Rivera, M., Landero, V., Silva, H., Martínez, S., Romero, O. (2023). Beneficios ecológicos y biológicos del hongo cosmopolita *Trichoderma* spp. en la agricultura: una perspectiva en el campo mexicano. Revista Argentina de Microbiología, 55 (1), 366-377.
- Avendaño, V., Gonzáles, D., Munguía, J., Hernández, R., Luna, A., Vidales, J., Niño, G., y Rodríguez, H. (2020). Crecimiento y absorción total nutrimental de lechuga romana tipo baby cultivada con iluminación led bajo sistema fábrica de plantas. Información Técnica Económico Agraria 116 (4), 280-293.
- Azcárraga, D. (2021). Evaluación del efecto de dos cepas de *Trichoderma* sobre el aumento de la producción de biomasa y precocidad en lechuga cv. Sagess, producida bajo invernadero (tesis licenciatura, Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires). ZAMORANO CARRERA DE CIENCIA Y PRODUCCIÓN AGROPECUARIA <https://repositorio.unnoba.edu.ar/xmlui/handle/23601/490>
- Balanza, V., Niñirola, D., Martínez, J., Conesa, E. y Fernández, J. (2011). Aplicación de rizo bacterias para mejorar el rendimiento, calidad y contenido de nitratos

en lechuga “*Baby leaf*” en bandejas flotantes. IV Jornadas de introducción a la investigación de la Universidad Politécnica de Cartagena, 45 – 47.

- Baños, Y., Concepción, A., Lazo, R., González, I., y Morejón, L. (2010). Efecto de enmiendas orgánicas y *Trichoderma* spp. en el manejo de *Meloidogyne* spp. *Revista Brasileira de Agroecología*, 5 (2), 224-233.
- Ben, E., Shtienberg, D., Shelvin, E., Vintal, H. y Dinooor, A. (2007). Optimization of chemical suppression of *Alternaria dauci*, the causal agent of Alternaria leaf blight in carrots. *Plant disease*, 85 (11): 1149-1156.
- Besoain X. (2005). Control biológico de *Pyrenochaeta lycopersici* y *Phytophthora nicotianae* en tomates bajo invernadero (Tesis de licenciatura, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso). Repositorio institucional UN. [http://opac.pucv.cl/pucv\\_txt/txt-3500/UCN3614\\_01.pdf](http://opac.pucv.cl/pucv_txt/txt-3500/UCN3614_01.pdf)
- Bobadilla, E., Rivera, G. y Del Moral, L. (2010). Factores de competitividad del cultivo de lechuga en Santa María Jajalpa, Estado de México. *Revista Análisis Económico*, 25 (59): 143-154.
- Bolivar-Anillo, H., Contreras-Zentella, M. y Tehéran-Sierra, L. (2016). *Burkholderia tropica*: una bacteria con gran potencial para su uso en la agricultura. *Revista especializada en ciencias Químico-Biológicas*. 19(2): 102 – 108.
- Bolívar, H., Contreras, M. y Teherán, L. (2016). *Burkholderia tropica* una bacteria con gran potencial para su uso en la agricultura. *Revista especializada en ciencias químico – biológicas*, 19 (2), 102 – 108.
- Briggs, G. (2019). Rhizbio-bacterias fijadoras de nitrógeno. LibreTexts. [https://espanol.libretexts.org/Biologia/Bot%C3%A1nica/Vida\\_inanimada\\_%28Briggs%29/02%3A\\_Organismos/2.42%3A\\_Rhizobio-bacterias\\_fijadoras\\_de\\_nitr%C3%B3geno](https://espanol.libretexts.org/Biologia/Bot%C3%A1nica/Vida_inanimada_%28Briggs%29/02%3A_Organismos/2.42%3A_Rhizobio-bacterias_fijadoras_de_nitr%C3%B3geno).
- Bueno, M., Cardona, C., y Chacon, P. (2005). Fenología, distribución espacial y desarrollo de métodos de muestreo para *Trialeurodes vaporariorum* en habichuela y frijol. *Revista colombiana de entomología*, 31 (2): 161-170.
- Caballero, P., Vargas, E., y Santiago C. (1989). Presencia de gusanos grises sobre diversos cultivos en Andalucía y Extremadura y sus parásitos y patógenos asociados. *Boletín de sanidad vegetal*, 15: 3-7.
- Camargo, D. y Ávila, E. (2013). Efectos del *Trichoderma* sp. Sobre el crecimiento y desarrollo de la arveja (*Pisum sativum* L.). *Ciencia y agricultura*, 11 (1): 91-100.
- Camargo, D., y Ávila, E. (2014). Effects of *Trichoderma* sp. on the pea (*Pisum sativum* L.) growth and development. *Revista Ciencia y Agricultura*, 11 (1), 91–100.

- Camargo, S., Montaña, N., de la Rosa, C. y Montaña, S. (2012). Micorrizas: una gran unión debajo del suelo. *Revista digital universitaria*, 13 (7), 3 – 18.
- Cano, M. (2011). Interacción de microorganismos benéficos en plantas: micorrizas, *Trichoderma spp.* y *Pseudomonas spp.* *Revista U.D.C.A. Actualidad & Divulgación científica*, 14 (2): 15-31.
- Carrillo, S., Puente, J., Montes, S. y Cruz, R. (2022). Las micorrizas como una herramienta para la restauración ecológica. *Acta botánica*, (129) e1932.
- Ccahua, A., Chávez, A., Bautista, C., Chacón, J. y Guillen, K. (2020). Estudio de prefactibilidad de un proyecto de producción de lechuga iceberg, espinaca baby y tomate cherry hidropónicos. (Tesis de licenciatura, Universidad San Ignacio de Loyola). Repositorio de tesis USIL. <https://repositorio.usil.edu.pe/server/api/core/bitstreams/19d6e436-0eb4-4044-8ee4-2aa37538bf8d/content>
- Chávez, R. y Mamani, V. (2023). Comportamiento de tres variedades de lechuga (*lactuca sativa l.*) Bajo dos técnicas hidropónicas utilizando efluentes de trucha (*oncorhynchus mykiss*) como una solución nutritiva orgánica en vivero ucsm-sachaca-arequipa 2022. (Tesis de licenciatura, Universidad Católica de Santa María). Repositorio de tesis UCSM. <https://repositorio.ucsm.edu.pe/server/api/core/bitstreams/36db1af1-f9e9-4a15-ad38-11a170c4e0c0/content>
- Chiriboga, H., Gómez, G., Garcés, K., Competitividad, P. (2015). Protocolos para formulación y aplicación del bio-insumo *Trichoderma spp.* para el control biológico de enfermedades. <https://repositorio.iica.int/>
- Chiriboga, H., Gómez, G., y Garcés, K. (2015). *Trichoderma spp.* para el control biológico de enfermedades. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/2647/BVE17038725e.pdf;jsessionid=D3235A24E6B0E128C3939EA5BD2BC8FE?sequence=1>
- CMI. (1993). Distribution of *Pseudomonas marginalis* pv. *marginalis* (Brown) Stevens. CMI Map 357, 3rd. Edition. [https://sef.es/sites/default/files/pathogen\\_documents/Pseudomonas%20marginalis%20pv.%20marginalis%20%28Brown%29%20Stevens.pdf](https://sef.es/sites/default/files/pathogen_documents/Pseudomonas%20marginalis%20pv.%20marginalis%20%28Brown%29%20Stevens.pdf)
- Coloma, M. (2003). Evaluación técnica-económica de la inoculación de los cultivos de pepino, lechuga y tomate con *Trichoderma harzianum* en Zamorano (Tesis de licenciatura, Universidad de Zamorano, Honduras). Repositorio institucional UN. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/fa00c327-5578-40e1-af5f-f8e7c9dfa630/content>

- Corrales, M., Lumbrs, V., Iglesias, S. y Carreño, C. (2020). Potencialidades de bacterias promotoras del crecimiento vegetal, aisladas de *Portulaca oleracea* L. en suelos con salinidad. Estación experimental de pastos y forrajes “Indio Hatuey”, 43 (2), 93 – 101.
- Cortez, B., Darling, S., Moran, V., y Mishella, L. (2021). Evaluación de la biomasa lignocelulósica de la cascara de cacao para la obtención de bioetanol a partir del hongo *Trichoderma* spp (Tesis de licenciatura, Universidad de Guayaquil). Repositorio institucional UN. <https://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/58874>
- Cruz, C., Zelaya L., Sandoval, G., de los Santos, S., Rojas, E., Chávez, I. y Ruíz, S. (2022). Utilización de microorganismos para una agricultura sostenible en México: consideraciones y retos. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 12 (5), 899 – 913.
- Cultivos horticolas (2022, 15 de noviembre). Botrytis en cultivos hortícolas: consideraciones claves para su control. Syngenta. <https://www.syngenta.es/blog/brotitis-cultivos-horticolas>
- Elías, M., Gaggioli, T., Caturelli, J., Ortiz, J., Kovolinski, C., Kokic, M., Reintero, M., Vargas, L. y Minchiotti, M. (2023). Analisis de un potencial mecanismo de acción de *Trichoderma* spp. durante su comportamiento como agente biocontrolador. Nexa agropecuario, 11 (2): 62-65.
- Ephytia (2024). Diagnostico hecho: Anthracnose (*Microdochium panattonianum*). Ephytia. <https://ephytia.inra.fr/es/ContentDiagnostics/view/1331>
- Equipo editorial INTAGRI (2019). Manejo de la pudrición blanca en cultivo de lechuga. INTAGRI. <https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/manejo-en-la-pudricion-blanca-en-el-cultivo-de-lechuga>
- Espinosa, A. (2020). Respuesta de la lechuga (*latuca sativa* L.) A relaciones de luz azul/roja y niveles de fertilización específica. (Tesis de maestría, Universidad Autónoma Chapingo). Repositorio de tesis UACH. <https://repositorio.chapingo.edu.mx/server/api/core/bitstreams/b13b7542-d302-43cc-8045-f6cda4c49ed4/content>
- Florensa. (2024). Lechuga crespada verde claro madalena. Florensa Argentina. <https://florensa.com.ar/sitio/producto/lechuga-crespada-madalena/>
- Franco, N. J. (2008). Efectos beneficiosos de las micorrizas sobre las plantas. Bioscripts. pp. 7. [https://ciaorganico.net/documypublic/200\\_infoagronomo.net\\_Micorrizas-beneficios.pdf](https://ciaorganico.net/documypublic/200_infoagronomo.net_Micorrizas-beneficios.pdf)
- García-Bernal, M., Medina-Marrero, R., Abasolo-Pacheco, F., Ojeda-Silvera, C. y Arcos-Ortega, G. (2023). Efecto antifúngico de la sepa *Streptomyces* sp.

- RL8 y su acción promotora en la germinación y crecimiento inicial de frijol Tépari (*Phaseolus acutifolius* Gray). Terra Latinoamericana, 40 (1067).
- García, E. (1973). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen. Universidad Nacional Autónoma de México. Segunda Edición. México.
- García, M., Medina, R., Abasolo, F., Ojeda, C., Arcos, G. y Mazón, J. (2022). Efecto antifúngico de la cepa de *Streptomyces* sp. RL8 y su acción promotora en la germinación y crecimiento inicial del frijol Tépari (*Phaseolus acutifolius* Gray). Terra latinoamericana, 40, e1067.
- García, M., Santillán, I., Holguín, R., y Sariñana, O. (2023). Impacto de la conductividad eléctrica de la solución nutritiva en la biomasa, pigmentos fotosintéticos y compuestos nitrogenados en lechuga. Biotecnia, 24(3), 115-122.
- Garnica, G., Esparza, R. (2019). Trichoderma un hongo biofertilizante. Saber más revista de divulgación. Consultado el 01 de diciembre del 2023. Sitio: <https://www.sabermas.umich.mx/archivo/articulos/267-numero-31/482-trichoderma-un-hongo-biofertilizante.html>
- Gispert, C. 1999. Enciclopedia Práctica de la Agricultura y la Ganadería. Editorial OCEANO/CENTRUM. España.
- Gómez, S., Gilchrist, E., y Reynaldi, S. (2013). Importancia del aislamiento y del rango de concentración de conidias en el efecto de Trichoderma asperellum sobre el crecimiento de plántulas de Solanum lycopersicum L. Revista Colombiana de Biotecnología, 15(1) 118-125.
- González, Y., Ortega, J., Anducho, M., y Mercado, Y. (2022). Bacillus subtilis y Trichoderma: Características generales y su aplicación en la agricultura. Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas 25: 1-14
- Gromaz, A. (2016). Escarola (*Cichorium endivia* L.): sistemas de manejo y ciclos como factores de la incidencia de fisiopatías y la acumulación de nitratos. (Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Valencia). Repositorio de tesis UPV. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/78295/GROMAZ%20-%20Escarola%20%28Cichorium%20endivia%20L.%29%3a%20sistemas%20de%20manejo%20y%20ciclos%20como%20factores%20de%20la%20inciden....pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Haram, S., Schickler, H., Oppenheim, A., y Chet, I. (1996). Differential expression of Trichoderma harzianum chitinases during mycoparasitism. Phytopathol. 86 (1) 980-985.
- Harman, G. (2004). Mythos and dogmas of biocontrol. Changes in perceptions derive from research on Trichoderma harzianum T22. Revista Plant Diseases, 84 (1) 377-393.

- Hendrik, J. (2006). The Genus *Beijerinckia*. The Prokaryotes. 151-162.  
[https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007/0-387-30745-1\\_8#citeas](https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007/0-387-30745-1_8#citeas)
- Hernández, D., Ferrera, R. y Alarcón, A. (2019). *Trichoderma*: Importancia agrícola, biotecnológica y sistemas de fermentación para producir biomasa y enzimas de interés industrial. Chilean journal of agricultural & animal sciences, 35 (1): 98-112.
- Hernández, D., Ferrera, R., y Alarcón, A. (2019). *Trichoderma*: Importancia agrícola, biotecnológica, y sistemas de fermentación para producir biomasa y enzimas de interés industrial. Chilenean Journal of Agricultural & Science, 35 (1) 98-112.
- Hernández, F., Velázquez, K., Carreño, C., Estela, C. y Altamirano, C. (2015). Revista de investigación y cultura, 4 (1), 10 – 19.
- Hidalgo, R. y Moran, I. (2020). *Trichoderma* hongo fungicida usado en tratamientos foliares del suelo y el control de diversas enfermedades producidas por hongos. Revista caribeña de ciencias sociales, 4:1-13.
- Horticultura (2021, 15 de febrero). Como aplicar el hongo *Trichoderma* a mi cultivo.  
<https://www.interempresas.net/Horticola/Articulos/325458-Como-aplicar-el-hongo-trichoderma-a-mi-cultivo.html>
- Hortoinfo. (2022). Mosca blanca de los invernaderos "*Trialeurodes vaporariorum*". Koppert. <https://hortoinfo.es/plagas-mosca-blanca-invernaderos-trialeurodes-vaporariorum/>
- Idainature (2020, 16 de diciembre). Eliminar el Mildiu en lechuga. IdaiNature.  
<https://www.idainature.com/noticias/actualidad-agricola/eliminar-el-mildiu-en-la-lechuga/>
- Infante, D., Martínez, B., González, N. y Reyes, Y. (2009). Mecanismos de acción de *Trichoderma* frente a hongos fitopatógenos. Revista de producción vegetal, 24 (1): 14-21.
- Infante, D., Martínez, B., González, N., y Reyes, Y. (2009). Mecanismos de acción de *Trichoderma* frente a hongos fitopatógenos. Revista Protección Vegetal 24 (1): 14-21.
- Izquierdo, A., y Durán, M. (1969). Notas sobre las bacteriosis del tabaco. Boletín Patología Vegetal y Entomología Agrícola 30: 215-221.
- Khalil, A., Márquez, S., y Ayala, A. (2015). Los usos y beneficios de las micorrizas en la agricultura. Revista Desarrollo y Tecnología, 11: 244-267.

- Koh, S., André, A., Edwards, H., Ehrhardt, D. y Somerville, S. (2005). *Arabidopsis thaliana* subcelular responses to compatible *Erysiphe cichoracearum* infections. *The plant journal*, 44 (3): 516-529.
- La Rosa, O. (2015). Cultivo de lechuga bajo condiciones del Valle del Rímac, Lima (Tesis de licenciatura, Universidad Agraria de la Molina). Repositorio universitario  
<https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/948/T007353.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=2.5%20MORFOLOGIA%20La%20lechuga%20es,desplegadas%20al%20principio%3B%20en%20unos>.
- Lacasa-Plascencia, A. y Martínez-Lluch, M. (2018). Los trips en los cultivos de nectarina y melocotón de la Región de Murcia II: treinta años con *Frankliniella occidentalis*. *Revista Transferencia tecnológica*. 303, 58-66.
- López, Y. (2019). Efecto de las dosis de bioestimulante y variedades de lechuga (*lactuca sativa l.*) Sobre las características morfológicas y rendimiento cultivadas en dos zonas de la provincia de chincheros – Apurímac. (Tesis de licenciatura, Universidad José Carlos Mariátegui). Repositorio de tesis UJCM.  
[https://repositorio.ujcm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12819/608/Yvan\\_tesis\\_titulo\\_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ujcm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12819/608/Yvan_tesis_titulo_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Lorenzo, M. (2004). Prospección de hongos antagonistas en la provincia de Cienfuegos. Efectividad y posibilidades de reproducción de las cepas nativas de *Trichoderma* spp. *Revista Fitosanidad* 8 (2): 64.
- Madueño, F. (2017). Determinación de metales pesados (plomo y cadmio) en lechuga (*Lactuca sativa*) en mercados del Cono Norte, Centro y Cono Sur de Lima Metropolitana. (Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Mayor de San Marcos). Repositorio de tesis UNMSM.
- Marroquín, J. (2016). Evaluación del efecto de *Trichoderma harzianum* y *Glomus intraradices* en el crecimiento radicular y rendimiento de ejote francés *Phaseolus vulgaris* L. en Acatenango, Chimaltenango, Guatemala, CA. (Tesis de licenciatura, Universidad de San Carlos de Guatemala). Repositorio universitario UN.  
[http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01\\_3102.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_3102.pdf)
- Martínez, B., Infante, D. y Reyes, Y. (2013). *Trichoderma* spp. y su función en el control de plagas en los cultivos. *Revista de protección vegetal*, 28 (1): 1-11.
- Martínez, F. y Garcés, G. (2010). Crecimiento y producción de lechuga (*Lactuca sativa* L. var. romana) bajo diferentes niveles de potasio. *Revista colombiana de ciencias hortícolas*, 4 (2), 185 – 198.

- Marullo, R. y Mound, L. (2002). Thrips and Tospoviruses. 7th International Symposium on Thysanoptera, Australia.
- Méndez, J. 2006. Efecto de la aplicación de *Trichoderma harzianum* y *Paecilomyces lilacinus* en el rendimiento de lechuga orgánica. Fitosanidad.
- Méndez, J. A. 2003. Efecto de la aplicación de *Trichoderma harzianum* y *Paecilomyces lilacinus* en el rendimiento de lechuga orgánica en Zamorano (Tesis de licenciatura, Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana) Repositorio universitario UN. <https://bdigital.zamorano.edu/items/4690e270-8b27-4cbf-9162-3b8b5a115f8d>
- Montes, D., Castaño, E., Sánchez, S., y Díaz, Y. (2019). *Trichoderma* sp. como promotor de crecimiento del maíz *Zea mays* en Valledupar, Cesar *Trichoderma* sp. as a corn growth promoter *Zea mays* in Valledupar, Cesar. Universidad Popular del Cesar, 1-7.
- Mula, J. (2023). ¿Qué función tienen los *Trichodermas* en la agricultura?. Agromática. <https://www.agromatica.es/trichodermas-en-agricultura/>
- Mula, J. (2023). Plagas y enfermedades de la lechuga. Agromática. <https://www.agromatica.es/plagas-y-enfermedades-de-la-lechuga/>
- Muñoz, B. y Sakurada, A. (2018). *Herbaspirillum* spp. Revista chilena de infectología. 35( 5 ): 545-546.
- Murillo, B., Guerrero, E., y Zapata, S. (2016). Manejo ecológico en frutilla aplicando *Trichoderma* sp. como promotor de crecimiento y controlador biológico de *Botrytis cinerea*. Revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, 20 (1): 37-44.
- Nakajima, M. y Akatsu, K. (2014). Virulence factors of *Botrytis cinerea*. Journal of general plant pathology, 80: 15-23.
- Neval. (2018, 29 de octubre). Plagas y enfermedades más importantes de la lechuga. <https://www.ne-val.com/plagas-enfermedades-mas-importantes-lechuga/>
- Olmedo, V., y Casas, S. (2014). Molecular Mechanisms of Biocontrol in *Trichoderma* spp. and Their Applications in Agriculture. Revista Biotechnology and Biology of *Trichoderma*, 32 (1): 429–453.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2024, 2 de mayo). Manejo integrado de plagas y plaguicidas. <https://www.fao.org/pest-and-pesticide-management/ipm/principles-and-practices/es/>
- Palazzesi, A. (2008, 31 de diciembre). *Klebsiella planticola*: Extinción vegetal. <https://www.neoteo.com/klebsiella-planticola-extincion-vegetal-14410/>

- Pancho, A. y Muñoz, J. (2023). Aplicaciones de *Klebsiella variicola* y uso potencial en la producción agrícola. *Alianzas y tendencias BUAP*, 8 (30), 1 – 16.
- Pastor, N. A., Ganuza, M., Reynoso, M. M., Folguera, J., Rovera, M., & Torres, A. M. 2015. Bioproducto a base de *Trichoderma* controla el carbón de maní y aumenta de rendimiento del cultivo. *Jornada Nacional de Maní*, 30(09).
- Pavone, D. (2022, 13 de diciembre). *Azotobacter* en la agricultura: Una bacteria biofertilizante que protege a las plantas. TecnoVita. <https://tecnovitaca.com/azotobacter-biofertilizante/>
- Peñalver, R., Durán, N., y López, M. (1994). Characterization and pathogenicity of bacteria from shoot tips of the globe artichoke *Cynara scolymus* L. *Revista Annals of Applied Biology*, 125: 501-513.
- Pieterneel, V., Rhijn, V., Vanderleyden, J. (1995). The Rhizobium-Plant Symbiosis. *Microbiological Reviews*, 59 (1): 124-142
- Ponomarev, A. (2014, 15 de julio). *Agrotis ipsilon*: larva. *Insecta*. <https://insecta.pro/gallery/38072>
- Pullen, B. (2019). Pupa del minero de la hoja *Liriomyza trifoli*. Dreamstime. <https://es.dreamstime.com/pupa-del-minero-de-la-hoja-liriomyza-trifoli-cerca-su-agujero-salida-en-una-tomate-un-mosca-adulta-pone-huevos-los-se-colocan-image191514519>
- Punschke, K. y Mayans, M. (2011). Selección de cepas de *Herbaspirillum* spp. promotoras del crecimiento de arroz. *Agrosciencia Uruguay*, 15 (1), 19 – 26.
- Ramirez, C. (2016). Protocolos para formulación y aplicación del bio-insumo.
- Rodgers, D. y Mcdonald, D. (2010). Soils Alive! Understanding and managing soil biology on Tasmanian Farms. [https://www.researchgate.net/publication/274712087\\_Soils\\_Alive\\_Understanding\\_and\\_managing\\_soil\\_biology\\_on\\_Tasmanian\\_Farms?tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6Ii9kaXJlY3QiLCJwYWdlIjoieX2RpcmVjdCJ9fQ](https://www.researchgate.net/publication/274712087_Soils_Alive_Understanding_and_managing_soil_biology_on_Tasmanian_Farms?tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6Ii9kaXJlY3QiLCJwYWdlIjoieX2RpcmVjdCJ9fQ)
- Rodriguez G., y Vargas, R. (2022). Efecto de la inoculación con *Trichoderma* sobre el crecimiento vegetativo del tomate *Solanum lycopersicum*. *Agronomía costarricense. Revista de Ciencias Agrícolas*, 46: 47-60.
- Rodríguez, F. (2020). Efecto de un biofungicida a base de *Trichoderma* sobre plantas de lechuga cultivadas en invernadero. Facultad de ciencias agrarias y forestales (Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de la Plata). Repositorio universitario UN. <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/89946>
- Rolón, G., Hernández, A., y Arvizu, J. (2021). *Pseudomonas rhodesiae* una bacteria benéfica para la planta *Typha latifolia*. *Universitarios Potosinos* 259: 28-33

- Ruiz, M., Ornelas, J., Olivas, G., Acosta, C., Sepúlveda, D., Pérez, D., y Fernández, S. (2018). Efecto de *Trichoderma* spp. y hongos fitopatógenos sobre el crecimiento vegetal y calidad del fruto de jitomate. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 36 (3): 444-456.
- Santamarina, M., García, J., y Roselló, J. (2005). *Trichoderma*: Mecanismos de control. *Phytohemeroteca*. 172.
- Secretaria de agricultura y desarrollo rural (2018 02 de octubre). Lactuca sativa L. Tipos y variedades que se producen en México. <https://www.gob.mx/siap/articulos/lactuca-sativa-l-tipos-y-variedades-que-se-producen-en-mexico?idiom=es>
- Secretaria de agricultura y desarrollo rural (2021 20 de febrero). La protagonista de las ensaladas. <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/la-protagonista-de-las-ensaladas?idiom=es>
- Seipasa. (2021, 21 de diciembre). Mildiu en lechuga: en busca de aliados para su control. Seipasa. <https://www.seipasa.com/es/blog/mildiu-en-lechuga-en-busca-de-aliados-para-su-control/>
- Servicio de información agroalimentaria y pesquera, (2024). Panorama agroalimentario 2024. [www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/panorama-agroalimentario-258035](http://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/panorama-agroalimentario-258035)
- Sharma, P., Meena, P., Verma, P., Saharan, G., Metha, N., Singh, D. y Kumar, A. (2015). Sclerotinia sclerotiorum de Bary causing Sclerotinia rot in oilseed Brassicas: a review. *Journal of oilseed brassica*, 6.
- Stefanova, M., Leiva, A., Larriganaga, L., y Coronado, M. (1999). Actividad metabólica de cepas de *Trichoderma* spp. para el control de hongos fitopatógenos del suelo. *Revista Facultad de Agronomía*, 16: 509-516.
- Stocco, M., Mónaco, C., Kripelz, N., Segarra, C., Lampugnani, G., Abramoff, C., Laporte, G., Arteta, N. y Cordo, C. (2012). Mecanismos de acción de *Trichoderma* spp. para el control de la Seproriosis del trigo. Repositorio institucional de la UNLP.
- Valdés, E. (2014). Caracteres principales, ventajas y beneficios agrícolas que aporta el uso de *Trichoderma* como control biológico. *Agroecosistemas*, 2 (1): 254-264.
- Velasco, A., Castellanos, O., Acevedo, G., Clarenc, R. y Rodríguez, A. (2020). Bacterias rizosféricas con beneficios potenciales en la agricultura. *Terra Latinoamericana* 38(2), 333-345.
- Viera, W. (2020). Rol de los microorganismos benéficos en la agricultura sustentable. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 8 (2): 67-68

- Viera, W., y Jackson, T. (2020). Ecuador demonstrates a sustainable way forward for small farmer producers. *Revista Chronica Horticulturae* 60 (3):19-21.
- Villegas M. *Trichoderma*. Características generales y su potencial biológico en la agricultura sostenible. 2005.
- Wani, S., Chand, S. y Ali, T. (2013). Potential Use of *Azotobacter Chroococcum* in Crop Production: An Overview. *Curr agri res*, 1 (1), 35 – 38.
- Watt, B. (2018). Wood rot fungi (Genus *Trichoderma pers.*). Univerity of Maine. <https://www.invasive.org/browse/detail.cfm?imgnum=5529023>
- Way to grow. (2019, 09 de agosto). 5 Applications of *Azospirillum*. Way to grow. <https://waytogrow.net/blogs/plant-nutrition/5-applications-for-azospirillum>
- Yossen, V., Vargas Gil, S., Olmos, C. (2013). Material compostado y *Trichoderma harzianum* como supresores de *Rhizoctonia solani* y promotores del crecimiento de la lechuga.

## VII. ANEXOS

Cuadro A-1. Índice de sensibilidad con relación a los datos obtenidos de las medias de tratamientos.

TRATAMIENTOS	VARIABLES						Total.
	Largo de Hoja.	Diametro del tallo.	Peso fresco de la lechuga.	Peso fresco de la raíz.	Peso seco de la raíz.	Diametro ecuatorial de la lechuga.	
T 1 (Testigo)	4	3	2	3	3	4	<b>19</b>
T 2	5	1	5	1	4	5	<b>21</b>
T 3	3	5	4	5	1	3	<b>21</b>
T 4	1	4	3	4	5	2	<b>19</b>
T 5	2	2	1	2	2	1	<b>10</b>

Cuadro A-2. Comparación de medias por tratamiento etapa de campo.

Tratamiento	LDH	DE	PFL	PFR	PSR	DDT
Testigo	27.46 a	57.220 ab	1247.56 a	50.180 a	5.7496 a	39.50 a
T2 0.5 ml	27.44 a	55.480 b	1168.78 a	52.70 a	5.4996 a	40.34 a
T3 1.0 ml	27.68 a	57.580 ab	1223.26 a	47.060 a	6.3912 a	37.47 a
T4 1.5 ml	28.70 a	58.100 ab	1237.40 a	48.040 a	4.5306 a	38.016 a
T5 2.0 ml	28.25 a	58.370 a	1284.92 a	50.98 a	5.7736 a	39.65 a

Datos sombreados en color azul corresponden a medias de tratamientos con valores más altos.

Datos sombreados en color gris representan medias de tratamientos menores.

Datos seguidos con la misma letra son estadísticamente iguales.

Cuadro A-3. Análisis de varianza generado para la variable diámetro ecuatorial en lechuga.

Variable: Diámetro ecuatorial					
Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	8	1561.120000	195.140000	7.71	<.0001
Error	241	6097.645000	25.301432		
Total correcto	249	7658.765000			
	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	Y Media	
	0.203834	8.770798	5.030053	57.35000	
Fuente	DF	Cuadrado de Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamientos	4	258.480000	64.620000	2.55	0.0396
Bloques	4	1302.640000	325.660000	12.87	<.0001

Cuadro A-4. Análisis de varianza generado para la variable Peso fresco de la lechuga.

Variable: Peso fresco de la lechuga					
Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	8	5002125.27	625265.66	6.19	<.0001
Error	241	24349601.86	101035.69		
Total correcto	249	29351727.14			
	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	Y Media	
	0.170420	25.79238	317.8611	1232.384	
Fuente	DF	Cuadrado de Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamientos	4	357210.936	89302.734	0.88	0.4742
Bloques	4	4644914.336	1161228.584	11.49	<.0001

Cuadro A-5. Análisis de varianza generado para la variable peso fresco de la raíz.

Variable: Peso fresco de la raíz					
Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	8	6415.84800	801.98100	2.94	0.0037
Error	241	65681.33600	272.53666		
Total correcto	249	72097.18400			
	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	Y Media	
	0.088989	33.15530	16.50868	49.79200	
Fuente	DF	Cuadrado de Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamientos	4	1027.584000	256.896000	0.94	0.4399
Bloques	4	5388.264000	1347.066000	4.94	0.0008

Cuadro A-6 Análisis de varianza generado para la variable largo de la hoja.

Variable: Largo de la hoja					
Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	8	1131.734720	141.466840	16.88	<.0001
Error	241	2019.597440	8.380072		
Total correcto	249	3151.332160			
	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	Y Media	
	0.359129	10.37367	2.894835	27.90560	
Fuente	DF	Cuadrado de Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamientos	4	60.727360	15.181840	1.81	0.1272
Bloques	4	1071.007360	267.751840	31.95	<.0001

Cuadro A-7. Análisis de varianza generado para la variable diámetro del tallo.

Variable: Diametro del tallo					
Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	8	823.37680	102.92210	1.79	0.0803
Error	241	13883.29920	57.60705		
Total correcto	249	14706.67600			
	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	Y Media	
	0.055987	19.46336	7.589931	38.99600	
Fuente	DF	Cuadrado de Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamientos	4	289.0892000	72.2723000	1.25	0.2886
Bloques	4	534.2876000	133.5719000	2.32	0.0577

Cuadro A-8. Análisis de varianza generado para la variable peso seco de la raíz.

Variable: Peso seco de la raíz					
Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	8	118.806809	14.850851	3.23	0.0017
Error	241	1108.396000	4.599154		
Total correcto	249	1227.202808			
	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	Y Media	
	0.096811	37.04601	2.144564	5.788920	
Fuente	DF	Cuadrado de Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamientos	4	25.74786240	6.43696560	1.40	0.2347
Bloques	4	93.05894640	23.26473660	5.06	0.0006