



**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**

**Sede Ibarra**

**ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y AMBIENTALES**

**INFORME FINAL DEL PROYECTO**

**TEMA:**

EVALUACIÓN DE LA BIOAUMENTACIÓN DE *TRICHODERMA* Y *AZOTOBACTER* COMO ALTERNATIVA DE MANEJO EN EL CULTIVO DE MANDARINA (*Citrus reticulata*), LUEGO DE LA PODA DE RENOVACIÓN.

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE**

**INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN:**

Gestión sostenible y aprovechamiento de los recursos naturales

**AUTOR:** Luis Eduardo Guerra Cuichan

**ASESOR:** MSc. Maritza Mier Quiroz

Ibarra, 20 de Septiembre de 2023

Ibarra, 20 de Septiembre de 2023

MSc. Maritza Mier Quiroz

ASESOR

**CERTIFICA:**

Haber revisado el presente informe final de investigación, el mismo que se ajusta a las normas vigente en la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales (ECAA), de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra (PUCESI); en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.

(f).....

MSc. Maritza Mier Quiroz

C.C.: 1002878286


### APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

El jurado examinador, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra (PUCESI):

(f).....


MSc. Maritza Mier Quiroz

C.C.: 1002878286

(f).....

MSc. Santiago Xavier Mafla Andrade

C.C.: 1002658399

(f).....

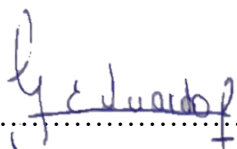
Msc. Edwin Fernando Del Pozo Villacis

C.C.: 1001756566

## ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS

Yo Luis Eduardo Guerra Cuichan, declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 165 de Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, que manifiesta textualmente: “Se reconoce facultad de los autores y demás titulares de derecho de disponer de sus derechos o autorizar de sus obras o prestaciones, a título gratuito u oneroso, según las condiciones que determinen. Esta facultad podrá ejercerse mediante licencias libres, abiertas y otros modelos alternativos de licenciamiento o la renuncia”.

Ibarra, 20 de Septiembre del 2023

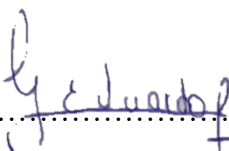
f): ..........

LUIS EDUARDO GUERRA CUICHAN

C.C.: 0450154000

## AUTORÍA

Yo, Luis Eduardo Guerra Cuichan, portador de la cédula de ciudadanía N° 0450154000, declaro que la presente investigación es de total responsabilidad del autor, y eximo expresamente a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra de posibles reclamos o acciones legales.

f):  .....

LUIS EDUARDO GUERRA CUICHAN

C.C.: 0450154000

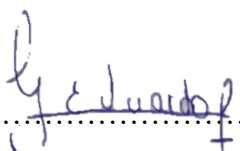
## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, Luis Eduardo Guerra Cuichan, con C.C.: 0450154000, autor del trabajo de grado intitulado: EVALUACIÓN DE LA BIOAUMENTACIÓN DE *TRICHODERMA* Y *AZOTOBACTER* COMO ALTERNATIVA DE MANEJO EN EL CULTIVO DE MANDARINA (*Citrus reticulata*), LUEGO DE LA PODA DE RENOVACIÓN, previo a la obtención del título profesional de Ingeniería Agropecuaria/Ambiental/Zootecnia, en la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tiene la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra, de conformidad con el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra a difundir a través del sitio web de la Biblioteca de la PUCES I el referido trabajo de graduación, respetando las políticas de propiedad intelectual de la Universidad.

Ibarra, 20 de Septiembre del 2023

f): .....  


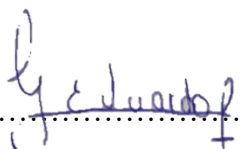
LUIS EDUARDO GUERRA CUICHAN

C.C.: 0450154000

**DECLARACIÓN DE COMPORTAMIENTO ÉTICO EN LA ELABORACIÓN,  
DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

Por medio de la presente declaro conocer y aplicar en la elaboración, desarrollo y evaluación de Proyecto de Titulación: EVALUACIÓN DE LA BIOAUMENTACIÓN DE *TRICHODERMA* Y *AZOTOBACTER* COMO ALTERNATIVA DE MANEJO EN EL CULTIVO DE MANDARINA (*Citrus reticulata*), LUEGO DE LA PODA DE RENOVACIÓN, lo propuesto en el Código de Ética de la investigación y el aprendizaje de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, aprobado por el Consejo Superior de la PUCE con fecha 01 de diciembre de 2022.

Para constancia firma:

f): .....

Luis Eduardo Guerra Cuichan  
Estudiante que ejecuta el trabajo de Titulación  
C.C/ Pasaporte: 0450154000  
Carrera: Ingeniería Agropecuaria/Ambiental/Zootecnia

Ibarra, 05 de Diciembre del 2022

## DEDICATORIA

A Dios, fuente de sabiduría y guía en cada paso de mi vida, quiero expresar mi profundo agradecimiento por bendecirme con la capacidad y oportunidad de emprender esta travesía académica. Tu amor incondicional y tu presencia constante han sido mi fortaleza en momentos de desafío y duda. Gracias por sostenerme con tu mano divina y por iluminar mi camino con tu luz.

A mis padres, Wilmer Guerra y Lourdes Cuichan, cuyo amor inquebrantable y fe en Dios me han inspirado a perseverar y superar obstáculos. Vuestra confianza en mí ha sido un regalo invaluable que me ha dado la fuerza para alcanzar esta meta académica. Agradezco a Dios por habernos unido como familia y por bendecirme con unos padres tan maravillosos.

A mis profesores y a mi asesora, MSc. Maritza Mier, cuya dedicación y conocimientos han sido un reflejo del plan divino en mi formación académica. Gracias por brindarme tu apoyo incondicional, por alentarme a dar lo mejor de mí y por compartir tu sabiduría en cada etapa de esta investigación.

A todos aquellos que, de alguna manera, han sido instrumentos de la voluntad de Dios en mi vida, gracias por su apoyo, aliento y comprensión.

Esta tesis está dedicada a Dios y a cada una de las personas que ha sido parte de mi camino, porque han sido bendiciones enviadas desde lo alto. Que este trabajo sea una manera de honrar y agradecer a Dios por su amor y cuidado, y de retribuir a mis padres y a mi asesora por su invaluable presencia en mi vida.

Con gratitud y humildad,

Luis Eduardo Guerra Cuichan.

## AGRADECIMIENTO

Este logro no habría sido posible sin el esfuerzo y apoyo de muchas personas que contribuyeron de manera significativa en la realización de esta tesis. Es con profunda gratitud que expreso mi reconocimiento a cada uno de ellos:

A Dios, por ser mi guía y mi fortaleza en todo momento, por brindarme la sabiduría y paciencia necesarias para enfrentar los retos académicos y por sostenerme con su amor divino durante todo este proceso.

A mis padres, Wilmer Guerra y Lourdes Cuichan, por ser mi constante inspiración y por su inquebrantable apoyo emocional y financiero. Vuestra fe en mí ha sido el motor que me impulsó a perseverar y a alcanzar esta meta académica.

A mi asesora, MSc. Maritza Mier, por su inestimable orientación, paciencia y conocimientos expertos en el área de investigación. Gracias por creer en mi potencial y por brindarme su tiempo y dedicación para mejorar este trabajo.

A mis profesores y demás miembros del claustro académico, por compartir su valioso conocimiento y experiencia conmigo durante mi formación académica. Sus enseñanzas han sido fundamentales para mi crecimiento intelectual.

Este logro es un reflejo del apoyo y colaboración de cada uno de ustedes. Gracias por ser parte de este importante capítulo de mi vida y por hacer que este trabajo tenga un significado aún más especial.

Con gratitud sincera,

Luis Eduardo Guerra Cuichan.

## ÍNDICE

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL	3
ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS	4
AUTORÍA	5
DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN	6
DECLARACIÓN DE COMPORTAMIENTO ÉTICO EN LA ELABORACIÓN, DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN	7
DEDICATORIA	8
AGRADECIMIENTO	9
ÍNDICE	10
ÍNDICE DE TABLAS	14
ÍNDICE DE FIGURAS	15
ÍNDICE DE ANEXOS	16
RESUMEN	17
ABSTRACT	18
CAPÍTULO I	19
INTRODUCCIÓN	19
CAPÍTULO II	24
OBJETIVOS	24
2.1. Objetivo general	24
2.2. Objetivos específicos	24
2.3. Hipótesis	24

	11
2.3.1 Hipótesis Alternativa	24
2.3.2 Hipótesis Nula	24
CAPÍTULO III	25
ESTADO DEL ARTE	25
3.1 Bioaumentación	25
3.2 <i>Trichoderma spp.</i>	26
3.2.1 Generalidades	26
3.2.2 Características	29
3.2.3 Funciones	29
3.2.4 Ventajas	30
3.2.5 Condiciones de crecimiento	31
3.2.6 Utilización del <i>Trichoderma spp.</i> como biofertilizante	33
3.2.7 Identificación y recolección	34
3.3 <i>Azotobacter spp.</i>	34
3.3.1 Generalidades	34
3.3.2 Características	35
3.3.3 Eficiencia de <i>Trichoderma spp.</i> y <i>Azotobacter spp.</i>	37
3.4 Mandarina	38
3.4.1 Requerimiento nutricional	41
3.4.2 Manejo del cultivo	42
3.4.3 Siembra	44
3.5 Poda	44
3.6 Fertilización	48
	11

	12
3.7 Requerimientos del cultivo	49
3.7.1 Macronutrientes	49
3.7.2 Micronutrientes	49
3.8 Cosecha y postcosecha	50
CAPÍTULO IV	51
MATERIALES Y MÉTODOS	51
4.1. Materiales	51
4.2. Establecimiento del área experimental	51
4.2.1. Diseño experimental	53
4.3. Métodos	54
4.3.1 Evaluación del efecto de <i>Trichoderma spp.</i> y <i>Azotobacter spp.</i> como mejoradores de las propiedades fisicoquímicas del suelo.	54
4.3.2 Determinación del efecto de la inoculación de microorganismos en el suelo, mediante el conteo de nuevos brotes y análisis foliar en el cultivo de mandarina sometido a podas de renovación.	54
CAPÍTULO V	55
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	55
5.1. Evaluación del efecto de <i>Trichoderma spp.</i> y <i>Azotobacter spp.</i> como mejoradores de las propiedades fisicoquímicas del suelo	55
5.1.1 Propiedades fisicoquímicas del suelo.	55
5.2 Determinación del efecto de la inoculación de microorganismos en el suelo, mediante el conteo de nuevos brotes y análisis foliar en el cultivo de mandarina sometido a podas de renovación	58
	12

5.2.1 Número de brotes.	58
5.2.2 Largo de brotes.	61
5.2.3 Análisis foliar.	65
CAPÍTULO VI	69
CONCLUSIONES	69
CAPÍTULO VII	71
RECOMENDACIONES	71
CAPÍTULO VIII	72
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72
ANEXOS	82

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Condiciones de crecimiento del <i>Trichoderma spp.</i>	32
<b>Tabla 2</b> Densidad de siembra y rendimiento de mandarina por provincia a nivel nacional	40
<b>Tabla 3</b> Valor nutricional de la mandarina	41
<b>Tabla 4</b> Requerimientos agroecológicos para el cultivo de mandarina	42
<b>Tabla 5</b> Materiales utilizados en la evaluación de la bioaumentación de <i>Trichoderma spp.</i> y <i>Azotobacter spp.</i> como alternativa de manejo en el cultivo de mandarina ( <i>Citrus reticulata</i> ), luego de la poda de renovación	51
<b>Tabla 6</b> Manejo del experimento para el cultivo de mandarina	52
<b>Tabla 7</b> Esquematización de análisis de varianza	53
<b>Tabla 8</b> Análisis de varianza para las propiedades fisicoquímicas del suelo en la evaluación de la bioaumentación de <i>Trichoderma spp.</i> y <i>Azotobacter spp.</i>	55
<b>Tabla 9</b> Prueba normalidad y Homogeneidad de las propiedades fisicoquímicos del suelo	55
<b>Tabla 10</b> Prueba de normalidad Shapiro Wilk de la variable número de brotes	58
<b>Tabla 11</b> Prueba de homogeneidad Bartlett de la variable número de brotes	58
<b>Tabla 12</b> Análisis de varianza para número de brotes en la evaluación de la bioaumentación de <i>Trichoderma spp.</i> y <i>Azotobacter spp.</i>	58
<b>Tabla 13</b> Prueba de normalidad Shapiro Wilk de la variable largo de brotes	61
<b>Tabla 14</b> Prueba de homogeneidad Bartlett de la variable largo de brotes	61
<b>Tabla 15</b> Análisis de varianza para largo de brotes en la evaluación de la bioaumentación de <i>Trichoderma spp.</i> y <i>Azotobacter spp.</i>	62

**Tabla 16** Análisis de varianza para las propiedades fisicoquímicas del suelo en la evaluación de la bioaumentación de *Trichoderma spp.* y *Azotobacter spp.* 65

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Características del <i>Trichoderma spp.</i>	29
<b>Figura 2</b> Funciones del <i>Trichoderma spp.</i>	30
<b>Figura 3</b> Etapas fenológicas del cultivo de mandarina	43
<b>Figura 4</b> Tipos de poda	46
<b>Figura 5</b> Croquis de establecimiento de tesis en mandarina	53
<b>Figura 6</b> Prueba de significancia Tukey al 1% para la variable número de brotes en el cultivo de mandarina ( <i>Citrus reticulata</i> ) durante la evaluación de la bioaumentación de <i>Trichoderma spp.</i> y <i>Azotobacter spp.</i>	59
<b>Figura 7</b> Prueba de significancia Tukey al 1% para la variable largo de brotes en el cultivo de mandarina ( <i>Citrus reticulata</i> ) durante la evaluación de la bioaumentación de <i>Trichoderma spp.</i> y <i>Azotobacter spp.</i>	63

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1</b> Poda de renovación	82
<b>Anexo 2</b> Lote de mandarinas con poda de renovación	82
<b>Anexo 3</b> Lote experimental de mandarinas hecha la poda de renovación	83
<b>Anexo 4</b> Fertilización	83
<b>Anexo 5</b> Formación de corona de árboles de mandarina	84
<b>Anexo 6</b> Instalación de sistema de riego	84
<b>Anexo 7</b> Preparación de producto para inoculación	84
<b>Anexo 8</b> Inoculación de microorganismos	85
<b>Anexo 9</b> Aparición de nuevos brotes	85
<b>Anexo 10</b> Crecimiento de los nuevos brotes	86
<b>Anexo 11</b> Conteo y medición de brotes	86
<b>Anexo 12</b> Raleo de brotes	87

## **RESUMEN**

La presencia de microorganismos en el suelo es esencial para el incremento sostenible de sistemas agrícolas, estos habitan en la rizosfera de la tierra. Son multifuncionales, es decir que pueden ser simbióticos, fijadores de nitrógeno, sintetizar metabolitos secundarios, etc. Abarca especies de hongos, virus y bacterias. La presente investigación tuvo como objetivo general evaluar el efecto de la aplicación al suelo de *Trichoderma spp.* y *Azotobacter spp.* en la absorción de nutrientes y desarrollo foliar en el cultivo de mandarina luego de una poda de renovación. Respecto a la metodología, se utilizó un diseño de bloques completamente al azar con 3 tratamientos más un testigo, cada unidad experimental estuvo compuesta por 4 árboles de

mandarina; se evaluó variables como las propiedades fisicoquímicas del suelo, número y largo de brotes, y análisis foliar. Entre los resultados obtenidos para factores químicos del suelo, el mejor tratamiento fue el T3 (*Trichoderma spp.* + *Azotobacter spp.*) con valores de: nitrógeno 56.4 ppm, fósforo 149.43 ppm, potasio 2.69 meq/100 ml, materia orgánica 4.21%, y pH 6.5, respecto al número y largo de brotes se obtuvo un promedio de 45.33 brotes y 22.77 cm respectivamente, al comparar con el testigo (T4), se obtuvo para nitrógeno 30.5 ppm, fósforo 72 ppm, potasio 0.75 meq/100 ml, materia orgánica 3.34%, y pH 6.65 y en cuanto a número de brotes se obtuvo 19.17 y largo de brotes 9.49 cm. La investigación resalta la fascinante interacción entre microorganismos, minerales y materia orgánica. Al incorporar microorganismos al suelo durante el cultivo de mandarina (*Citrus reticulata*) y aplicar podas de renovación, se logra una notable mejora en la absorción de nutrientes. Este avance significativo promete optimizar el proceso agrícola de manera sustancial.

Palabras clave: *Azotobacter spp.*, bioaumentación, cultivo, mandarina, *Trichoderma spp.*

### ABSTRACT

The presence of microorganisms in the soil is essential for the sustainable increase of agricultural systems; they inhabit the rhizosphere of the earth. They are multifunctional, that is, they can be symbiotic, nitrogen fixers, synthesize secondary metabolites, etc. It covers species of fungi, viruses and bacteria. The general objective of this research was to evaluate the effect of soil application of *Trichoderma spp.* and *Azotobacter spp.* in the absorption of nutrients and leaf development, in the cultivation of mandarin after renewal pruning. Regarding the methodology, a completely randomized block design was used, with 3 treatments plus a control, each experimental unit was composed of 4 mandarin trees; Variables such as the

physicochemical properties of the soil, number and length of shoots, and foliar analysis were evaluated. Among the results obtained for soil chemical factors, the best treatment was T3 (Trichoderma spp. + Azotobacter spp.) with values of: nitrogen 56.4 ppm, phosphorus 149.43 ppm, potassium 2.69 meq/100 ml, organic matter 4.21%, and pH 6.5, with respect to the number and length of shoots, an average of 45.33 shoots and 22.77 cm respectively was obtained. When compared with the control (T4), nitrogen was obtained at 30.5 ppm, phosphorus 72 ppm, potassium 0.75 meq/100 ml, matter organic 3.34%, and pH 6.65 and in terms of number of shoots, 19.17 and shoot length 9.49 cm were obtained. The research highlights the fascinating interaction between microorganisms, minerals and organic matter. By incorporating microorganisms into the soil during the cultivation of mandarin (*Citrus reticulata*) and applying renewal pruning, a notable improvement in nutrient absorption is achieved. This significant advance promises to substantially optimize the agricultural process.

Keywords: Azotobacter spp., bioaugmentation, cultivation, mandarin, Trichoderma spp.

## CAPÍTULO I

### INTRODUCCIÓN

La mayor superficie de producción de cítricos está principalmente en la región litoral llegando a cultivar 10,219 ha como un monocultivo, dentro de los cítricos que se cultivan están las mandarinas, naranjas y limones, las provincias que tienen una mayor producción de estos cítricos son Manabí, Los Ríos, Bolívar, Guayas, Pichincha y Tungurahua (Guanoluisa, 2020).

El cultivo de mandarina se produce principalmente en zonas tropicales, y en zonas subtropicales, como los valles de nuestra cordillera. Un aspecto importante de este cultivo es su gran aceptación en el mercado internacional gracias a su sabor, que lo diferencia de la competencia. Según datos del último censo agropecuario nacional del año 2000 realizado por el Proyecto Sistema de Información Comercial Agropecuario (SICA) del Ministerio de Agricultura, podemos observar que en el Ecuador existe una superficie sembrada de 12,873 hectáreas, llegando a cosecharse 11,312 hectáreas, considerando que de aquel total 450 ha son pertenecientes a la provincia de Imbabura, obteniendo una producción total de 10,731 toneladas, con una venta de 9,887 toneladas al año (Haro, 2016).

Respecto a los mercados de consumo a nivel internacional más relevantes en cuanto al cultivo de mandarina, están países como China, Rusia, Japón, Canadá, Croacia, Ucrania, Lituania, Bielorrusia, Eslovaquia, Alemania, Polonia, Reino Unido, Hungría, Austria, Suiza, Finlandia, Rumania, Francia, Suecia, Noruega por otra parte, los destinos principales de las exportaciones ecuatorianas de mandarina son Perú, Colombia y Chile; siendo Colombia el país que en conjunto con los Países Bajos han mostrado su constancia en las importaciones de esta fruta a partir del año 2009 (Mora, 2022).

De acuerdo a Rokaya et al. (2019), en el cultivo de mandarina es primordial el manejo nutricional, el cual es un factor que repercute de manera directa en el crecimiento vegetativo y aumenta la eficiencia fotosintética del campo. Según Ruchala et al. (2020), aquello depende de los factores bióticos como el manejo de plagas, variedad y porta injerto; además de los abióticos como el manejo del suministro de agua, manejo nutricional, composición edáfica y el clima.

Para Yfran et al. (2019), los cítricos necesitan enormes cantidades de nutrientes, por lo que en diversas ocasiones hay deficiencias de algunos elementos esenciales para una apropiada producción, los cuales deben aplicarse de forma rápida. Según Kamei et al. (2019), la aplicación foliar de los micro y macronutrientes brinda resultados perceptibles sobre aspectos como la calidad, rendimiento, formación, floración y crecimiento vegetativo de la fruta, el cual, con un buen manejo a nivel de podas, contribuye a que la nutrición del cultivo se manifieste de manera eficiente en la productividad del mismo.

De acuerdo a Padrón y Rocha (2017), la poda en los cítricos es el factor importante en conjunto con la nutrición, puesto que al realizar esta práctica existe una respuesta por parte de la planta, donde tiene influencia en: crecimiento, mejora de la producción, diversidad, hábito de fructificación predominio del tamaño, cantidad y calidad del fruto, también aporta en la reducción de la presencia de enfermedades que han sobrevivido en las ramas enfermas o muertas, siendo por melanosis y antracnosis, las que generan la caída de los frutos de menor tamaño (Artavia, 2019).

Según Miranda et al. (2020), si los árboles no son podados, su crecimiento es irregular, libre, con ramas etioladas, lo que genera la formación de árboles elevados en donde los controles fitosanitarios y la adquisición de la fruta son complicados de realizar. La principal labor en los frutales que no se han manejado de manera adecuada es la poda, con lo cual se consigue: generar

frutos de excelente calidad, reducir la presencia de enfermedades, alcanzar un equilibrio fisiológico, destruir las ramas no deseables, cambiar el vigor de la planta, definir su porte, y armonizar la arquitectura de la misma. Además, Pino et al. (2015), recomiendan la poda en el cultivo de mandarina debido a que favorece la repartición y aprovechamiento eficaz de los nutrientes; incremento de la luz, insolación y aireación dentro del área foliar, reducción de gastos en fitosanitarios, por lo que se requiere de menor cantidad de nutriente.

Dentro de las producciones agrícolas actuales se buscan alternativas de manejo para efectivizar el aprovechamiento de los nutrientes por parte del cultivo, además de su efecto al ambiente, por lo cual cada vez son más los agricultores que se suman al uso de microorganismos eficientes que contribuyan a mejorar la biodisponibilidad de los nutrientes en el suelo. Crespo (2020), en su artículo obtuvo que es necesaria la implementación de técnicas agronómicas en cada finca que facilite el manejo integrado de nutrientes, para así disminuir el uso de productos químicos y reemplazarlo por técnicas que fomenten el empleo y disponibilidad de las reservas de nutrientes que posee el suelo, y a su vez aumentar los beneficios del manejo de biofertilizantes y sustancias o componentes que mejoren el crecimiento vegetal.

Los microorganismos eficientes aumentan la operación fotosintética y a su vez la absorción de los nutrientes en las plantas, además de disminuir el tiempo de maduración de los abonos orgánicos como el composteo, lo que brinda aplicaciones agrícolas de gran relevancia, con el fin de incrementar la disposición de nutrientes para los frutales. Uno de los aspectos que a partir de los años 60 está dando buenos resultados en el manejo de los cítricos y cultivos en general, es el uso de microorganismos eficientes, puesto que favorecen la germinación de las semillas, también se ve notoriamente un aumento del crecimiento de las plantas y el desarrollo de los frutos, debido a que contribuyen al mejoramiento de la estructura física del suelo,

incrementan la fertilidad de los suelos, dando disponibilidad de los nutrientes a las plantas por medio del crecimiento de la rizosfera (Suárez, 2015).

De acuerdo a Tanya y Leiva (2019), el uso de los microorganismos eficientes en las plantas promueve mecanismos que permiten que las enfermedades e insectos sean eliminados de las mismas, debido a que podrían incitar la resistencia de tipo sistemático de los cultivos a molestias, consume los exudados de frutos, hojas y raíces, impidiendo que los organismos patógenos así como el avance de las enfermedades sean propagadas, aumenta la productividad, calidad y crecimiento del cultivo, y fomenta la maduración, fructificación y oración debido a sus consecuencias hormonales en espacios meristemáticos; incluso aumenta la destreza de fotosíntesis por medio de un mejor desarrollo foliar.

Luna y Mesa (2016), señalan que los microorganismos eficientes se integran en 5 grupos microbianos generales que son: bacterias ácido lácticas, bacterias fotosintéticas, actinomicetes, y hongos filamentosos con capacidad fermentativa, entre los cuales se encuentra el género *Trichoderma spp.* y *Azotobacter spp.*

De acuerdo a Hernández et al. (2019), el *Trichoderma spp.* tiene varios beneficios, entre los cuales están: protege el entorno al reducir la utilización de fungicidas, tiene un extenso campo de acción; aporta en la descomposición de la materia orgánica, permitiendo que los nutrientes sean convertidos en elementos para que la planta disponga de ellos, resultando en una consecuencia indirecta en la nutrición del cultivo; proporciona una regulación eficiente sobre las enfermedades que presenten las plantas, favorece la proliferación de los organismos benéficos en la tierra, se propaga en el suelo para así incrementar su población e implementar un control de gran duración en el tiempo sobre los hongos fitopatógenos, fomenta a que los

cultivos puedan crecer debido a que tiene metabolitos que promueven los procedimientos para que las plantas o frutales se desarrollen, entre otros.

Por otro lado, las bacterias que pertenecen al género *Azotobacter* spp. se encuentra formado por bacterias gram negativas, poseen una forma de bacilo además de cocos de 1 a 4  $\mu\text{m}$  de vida libre, encontrándose en el grupo de la familia *Azotobacteriaceae*, que se destaca debido a que son fijadores de N, por su vinculación de clase libre que conserva con las plantas, puede vincularse con varios suelos, a pesar que su participación está generalmente en gramíneas y frutales. Favorecen el crecimiento vegetal particularmente en un estado de plántula, se fundamenta en la liberación del ácido indol-acético que se considera una auxina de carácter natural que controla el crecimiento (Herrería, 2022).

Para evitar las pérdidas en la productividad, calidad y crecimiento en el cultivo de mandarina, es relevante diversificar el manejo fitosanitario a través de la poda en conjunto con la fertilidad del suelo por medio de la incorporación de los microorganismos eficientes como el *Trichoderma* spp. y *Azotobacter* spp. (Alcívar, 2019).

## CAPÍTULO II

### OBJETIVOS

#### 2.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de la aplicación al suelo de *Trichoderma* y *Azotobacter* en la absorción de nutrientes y desarrollo foliar, en el cultivo de mandarina luego de una poda de renovación.

#### 2.2. Objetivos específicos

- Determinar el efecto de la inoculación de microorganismos en el suelo, mediante el conteo de nuevos brotes y análisis foliar en el cultivo de mandarina sometido a podas de renovación.
- Evaluar el efecto de *Trichoderma* y *Azotobacter* como mejoradores de las propiedades fisicoquímicas del suelo.

#### 2.3. Hipótesis

##### 2.3.1 Hipótesis Alterna

H1: La inoculación de microorganismos al suelo en el cultivo de mandarina (*Citrus reticulata*) expuesto a podas de renovación, mejoran la absorción de nutrientes.

##### 2.3.2 Hipótesis Nula

H0: La inoculación de microorganismos al suelo en el cultivo de mandarina (*Citrus reticulata*) expuesto a podas de renovación, no mejoran la absorción de nutrientes.

## CAPÍTULO III

### ESTADO DEL ARTE

#### 3.1 Bioaumentación

Zhao et al. (2014), indican que la bioaumentación se refiere a la adición de cultivos microbianos catabólicos que son especializados, generalmente cultivados de manera separada, considerando su adaptación direccionada al medio objetivo para efectuar asignaciones de remediación concreta en un determinado contexto. Hay dos tipos de enfoques de bioaumentación, donde el uno pretende incluir microorganismos con un potencial catabólico para el reemplazo o complemento del número de microorganismos nativos.

De acuerdo a Hernández (2022), las bacterias que se incorporan en un entorno que tenga contaminación, podrían sobrevivir y superar a los organismos nativos del lugar, ocupando el nicho metabólico, a pesar que se presenta la probabilidad de que los microorganismos puedan convertirse en invasores y causen un impacto negativo en el ambiente. El otro enfoque trata de la adición sobre una concentración elevada de microorganismos, que en el nicho efectúan operaciones biocatalizadores en un determinado tiempo y generan la degradación de un número significativo de contaminantes. Luego perecen o se inactivan por el estrés de carácter biótico o abiótico en el medio donde exista contaminación.

Hernández et al. (2019), en su artículo titulado “*Trichoderma*: Importancia agrícola, biotecnológica, y sistemas de fermentación para producir biomasa y enzimas de interés industrial”, obtuvieron excelentes resultados al evaluar al *Trichoderma spp.* como biocontrolador, esto se fundamenta en su destreza de sintetizar las sustancias que promueven el crecimiento como las hormonas y vitaminas, y los compuestos antagónicos como los antibióticos, enzimas y proteínas, brindando un beneficio a los cultivos agrícolas.

## **3.2 *Trichoderma spp.***

### **3.2.1 Generalidades**

Según Companioni et al. (2019), de manera morfológica se le considera un hongo que tiene estructuras de la clase de conidias hialinas uniceluladas, el cual nace en espacios pequeños, posee la destreza de generar clamidosporas en sustratos naturales, esquemas de gran relevancia para que ese género sobreviva en la tierra considerando las condiciones adversas. Su modo de actuación se encuentra vinculado con la descomposición de materia orgánica que está en la tierra y debido al antagonismo con microorganismos patógenos a aquellas plantas empleados procedimientos de amensalismo, hiperparasitismo, competición, parasitismo y depredación.

De acuerdo a Cedeño y Sánchez (2022), es un óptimo modelo para estudiarse por su sencillo cultivo y aislamiento, veloz desarrollo en diversos sustratos y debido a su condición de regulador biológico de una extensa cantidad de fitopatógenos. Esta clase de especies mayormente se sitúan en lugares terrestres como los bosques, poseen bajo requerimiento respecto a nutrición, pero también un extenso rango respecto a la temperatura que sería de 25 a 30°C para que puedan crecer. También tienen elevada adaptabilidad a contextos ecológicos y pueden tener un crecimiento saprofítico, interactuando con animales y plantas, además de desarrollarse en varios sustratos, lo que permite que su masiva producción sea fácil para emplear en la agricultura. Por eso la indagación de estas especies de *Trichoderma spp.* en varios hábitats naturales ayuda en la ampliación del conocimiento acerca de su aporte biotecnológico, además de su relevancia agrícola y ecológica.

*Trichoderma spp.* se considera un género de hongos oportunistas que poseen un crecimiento rápido, además de simbioses no virulentos, que se lo sitúa en diversos ecosistemas.

Tienen la capacidad de fomentar la salud de los huéspedes por medio del mico parasitismo y el antagonismo que efectúan para afrontar los patógenos de la tierra y las raíces (Tapullima, 2021).

Para Hernández et al. (2019), las especies del género *Trichoderma spp.* representan un grupo de hongos filamentosos que pertenecen al Reino *Fungi*, división Eumycota, subdivisión Deuteromycotina, clase Hyphomycetes, orden Hyphales (Moniliales) y familia Moniliaceae. Estos hongos se caracterizan por predominar en los ecosistemas terrestres y acuáticos. Poseen alta adaptabilidad a condiciones ecológicas y pueden crecer de manera saprofítica, interactúan con animales y plantas, se desarrollan en diversos sustratos, lo cual facilita su producción masiva para uso en la agricultura. Su función radica en la asociación de esta especie con la rizosfera de las plantas, o pueden relacionarse de manera endofítica.

Peña y Pavone (2020), mencionan que esta especie es promotora de crecimiento y desarrollo de las plantas. Este género es un importante contribuyente en el control de hongos fitopatógenos, ya que poseen propiedades mico parasitarias y antibióticas. En aquel estudio se evaluó el efecto de *Trichoderma spp.* sobre el crecimiento de plantas de *Capsicum annum*, concluye en que esta cepa es capaz de promover el crecimiento en estas plantas, especialmente los relacionados al incremento en el crecimiento tanto del tipo foliar como radical y mejora sus rasgos fisiológicos.

*Trichoderma reesei*, es un hongo filamentosos mesofílico y saprófito, que tiene un pH óptimo entre 4.5 y 6, además de lograr producir hasta 100 g/L de enzimas extracelulares bajo condiciones de inducción en procesos industriales con cepas hiperproductoras. Su morfología distintiva incluye pigmentos conidiales verde brillante, conidióforos con un eje principal ramificado que termina en una o dos fiálidas cilíndricas de 5-8  $\mu\text{m}$ , conidias ovoide a elipsoide de 3.5-4.5 x 2.3-3.0  $\mu\text{m}$  y pigmento amarillo que exuda al agar (García, 2020).

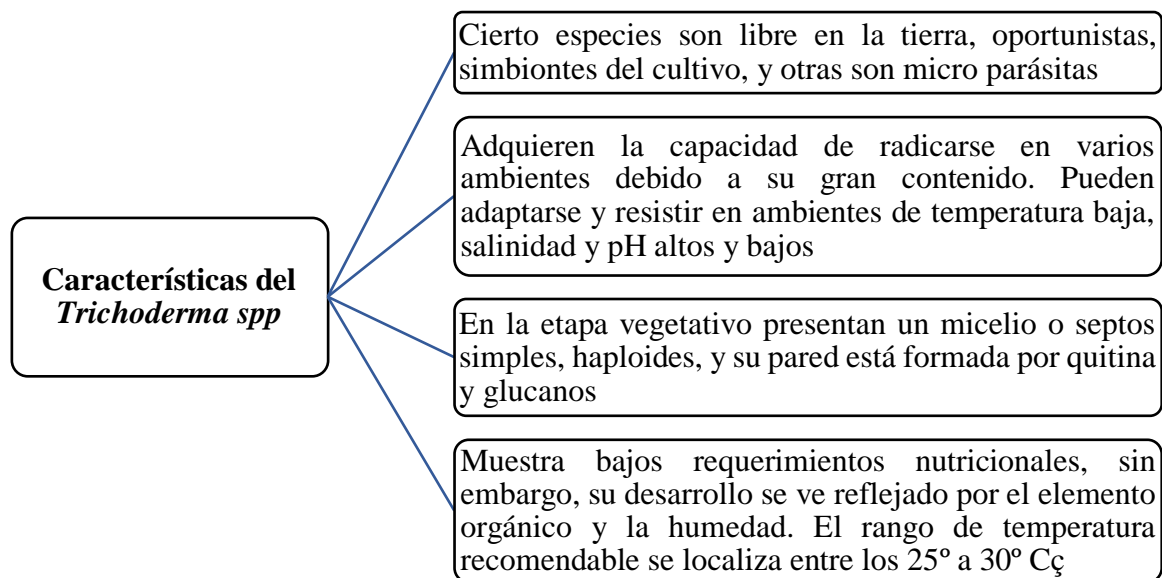
Según Nucamendi (2022), *Trichoderma longibrachiatum* es un hongo del género *Trichoderma spp.* Además de ser una especie distinta, también tipifica uno de varios claros dentro de *Trichoderma spp.* que comprende 21 especies diferentes; es un hongo del suelo que se encuentra en todo el mundo, pero principalmente en climas más cálidos. Es un hongo de rápido crecimiento, normalmente produce colonias blanquecinas que cambian a verde grisáceo con la edad, son alargadas en forma de cilindro, en la mayoría de las cepas las partes terminales de las fiálides tienden a ser alargadas y estrechas.

Waghunde et al. (2016), afirmaron que las especies pertenecientes al género *Trichoderma spp.* tienen alrededor de 10,000 especies, la mayoría de crecimiento rápido. Al principio, las cepas de *Trichoderma spp.* aparecían blancas y algodonosas, luego se desarrollaban en mechones compactos de color verde amarillento a verde intenso, especialmente en el centro de un punto de crecimiento o en zonas concéntricas en forma de anillo en la superficie del agar. El organismo del hongo crece y se ramifica como una hifa típica de hongo, de 5 a 10 m de diámetro. La esporulación asexual ocurre en forma unicelular, usualmente verde los conidios (típicamente de 3 a 5 de diámetro) son liberados en grandes números.

### 3.2.2 Características

#### Figura 1

Características del *Trichoderma spp.*



Nota. Esta figura presenta las características del *Trichoderma spp.* que se tomaron de Quintanilla (2022).

### 3.2.3 Funciones

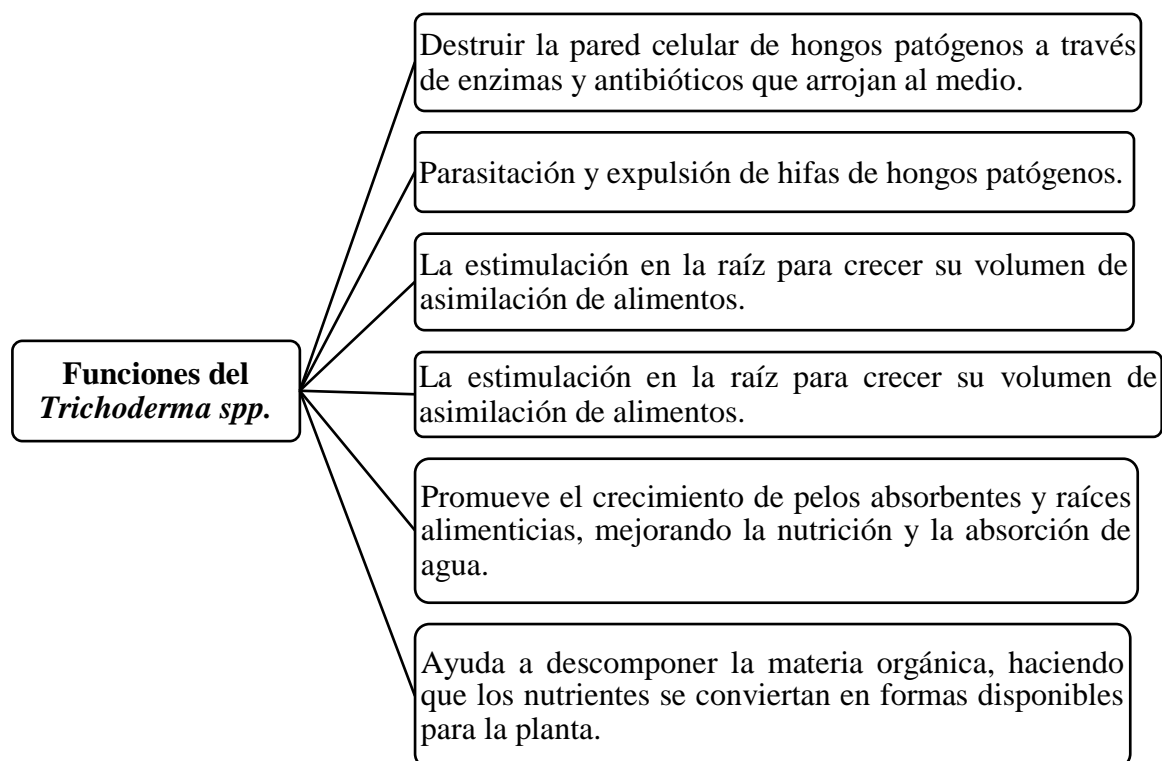
Según Nur y Noor (2020), el éxito de las cepas de *Trichoderma spp.* como agentes de biocontrol frente a diferentes microorganismos patógenos es bien conocido a nivel mundial. No solo eso, los hallazgos actuales revelaron que estos hongos también mejoran la resistencia de las plantas, el crecimiento y el desarrollo de las plantas, lo que conduce a un aumento en la producción. Los mecanismos que suelen estar involucrados son los antibióticos, el mico parasitismo, la competencia por los nutrientes y también la estimulación de la resistencia sistémica en las plantas. Recientemente, *Trichoderma spp.* se están utilizando para controlar las enfermedades de las plantas en el sistema de gestión sostenible de enfermedades.

Además de desempeñar su papel en la reducción de enfermedades y mejorar el crecimiento de las plantas, *Trichoderma spp.* también se puede utilizar en la descomposición de

residuos/materiales orgánicos y en la desintoxicación de áreas contaminadas. El aumento del valor nutritivo en el compost degradado por cepas de *Trichoderma spp.* se descubre en varios trabajos de investigación. Así, los beneficios de *Trichoderma spp.* cuando se combinan en un producto pueden controlar diferentes enfermedades de los cultivos, estimula el crecimiento y desarrollo de las plantas, mejora el proceso de compostaje y promete un ambiente limpio para lograr una agricultura sostenible.

## Figura 2

*Funciones del Trichoderma spp.*



*Nota.* Esta figura muestra las funciones del *Trichoderma spp.* tomadas de Quintanilla (2022).

### 3.2.4 Ventajas

Para Chiriboga et al. (2015), el *Trichoderma spp.*, posee varias ventajas al ser un agente de control biológico, debido a que tiene un desarrollo y crecimiento rápido; genera una enorme cantidad de enzimas, inducibles con los hongos fitopatógenos que se encuentran presentes. Se

puede desarrollar en un extenso número de sustratos, lo que brinda la facilidad para que se produzca en grandes cantidades, para el empleo en la agricultura. Su tolerancia respecto a las condiciones ambientales de nivel extremo y a hábitats en que los hongos ocasionan alguna enfermedad, le permiten llegar a ser un agente de regulación que muestre eficiencia. Se tiene que tomar en consideración que puede sobrevivir en lugares que dispongan de contenidos significativos de agro defensivos y diversos tipos de químicos más. Sin embargo, su enorme variabilidad representa un reservorio de probabilidades para el control biológico, centrándose en varios sistemas de cultivo y producción.

El género *Trichoderma spp.* se encuentra en el entorno, generalmente en la tierra, el cual se emplea en aplicaciones de carácter comercial para que las enzimas sean producidas y que los fitopatógenos que enferman las plantas sean controlados. Se encuentra en cultivos frutales donde el suelo tiene abundancia de materia orgánica y debido a su vínculo con la misma, se lo clasifica en el grupo de hongos hipogeos, depredadores y lignolícolas, se lo considera aeróbico, y se los pueden visualizar en tierras con pH desde neutro hasta llegar al ácido (Yépez, 2018).

Según Charoenrak y Chamswarnng (2016), se encuentra entre los agentes de control biológico con mayor éxito en el campo de la agricultura, siendo parte de más del 60% de los fungicidas que están registrados a nivel mundial. Se lo visualiza en el mercado como biofertilizante, bioplaguicida, solubilizador de nutrientes en suelo agrícola, impulsor del crecimiento y rendimiento de las plantas, y descomponedor de la materia orgánica.

### ***3.2.5 Condiciones de crecimiento***

Según Juárez et al. (2020), para la identificación de *Trichoderma spp.* presentan un crecimiento acelerado de micelio con la aparición de anillos concéntricos de coloración blanca,

amarilla y verdosa; crece en formas de colonias blancas que simulan una película sobre el medio; genera una gran cantidad de esporas la esporulación sobre la colonia da una apariencia verdosa.

**Tabla 1**

*Condiciones de crecimiento del Trichoderma spp.*

<b>Condiciones</b>	<b>Descripción</b>
Temperatura	Es un microorganismo capaz de desarrollarse en un amplio rango de temperatura, desde los 4°C hasta los 35°C, sin que esto comprometa su efectividad como regulador de fitopatógenos con rango óptimo para el desarrollo es de 32-35°C.
pH	Pueden crecer en suelos con pH desde 5,5 a 8,5, sin embargo, los valores recomendables se localizan entre 5,5 - 6,5, es decir, en un ambiente ligeramente ácido.
Humedad	Se remueve con aspecto de humedad, con óptimo de 60% del contenido de retención de humedad de la tierra. En un porcentaje mayor de saturación, la colonización y sobrevivencia disminuye por baja disponibilidad de oxígeno.
Luz	Género <i>Trichoderma spp.</i> son fotosensibles, es decir que presentan una mayor esporulación al ser expuestas a la luz. Sin embargo, cuando se someten a períodos alternados de luz y oscuridad, se favorece la colonización del hongo sobre diferentes sustratos sólidos.
Nutrición	El hongo <i>Trichoderma spp.</i> , se alimenta de los hongos que parasitan y de material orgánico. Para su óptimo desarrollo, el hongo, necesita fuentes de carbono y nitrógeno, las cuales puede encontrar en hidratos de carbono, ácidos grasos y aminoácidos, urea, amoniaco y nitritos respectivamente.

Condiciones	Descripción
Salinidad	Se puede presentar o no crecimiento al ser expuesto a determinadas concentraciones de sales, así como a CaCl <sub>2</sub> , debido a que en concentraciones mayores a 80g/L inhibe el crecimiento, hasta 60g/L tiene un desarrollo mínimo y a 10g/L puede desarrollarse de manera óptima.

*Nota.* Esta tabla presenta las condiciones de crecimiento del *Trichoderma spp.*, centrándose en lo que indican Ramón y Morán (2020).

### 3.2.6 Utilización del *Trichoderma spp.* como biofertilizante

Según Quintanilla (2022), el *Trichoderma spp.* brinda el aprovechamiento del fósforo, lo que genera beneficios para las plantas por medio de la implementación de biofertilizantes; elabora una barrera junto a las raíces que impiden el ataque de los patógenos a las plantas, además de la contención del espacio y nutrientes; fomenta el crecimiento de las raíces primarias, secundarias y de los pelos radiculares. Por otra parte, respecto a la absorción de los nutrientes, este biofertilizante libera componentes orgánicos en la rizosfera, con el fin de solubilizar hierro en el suelo; beneficia el control de enfermedades; estimula el desarrollo de las raíces y fomenta la toma de micronutrientes por parte de la planta. Su uso puede favorecer a los agricultores mediante el logro de una cosecha sana y con mayor rendimiento.

De acuerdo a Pineda et al. (2017), está comprobado que el efecto que tiene el hongo *Trichoderma spp.* en los cultivos ya que solubilizan los fosfatos insolubles del suelo, facilitando su asimilación; crea asociaciones con *Micorrizas*, incrementando la rizosfera del suelo de forma significativa, permitiendo que las plantas puedan extraer mayor cantidad de nutrientes y con un elevado nivel de asimilación. No obstante, el hongo *Trichoderma spp.* es factible con el

biofertilizante que se genera mediante la bacteria denominada *Azotobacter chroococcum*, la cual se encarga de fijar nitrógeno en el suelo.

### **3.2.7 Identificación y recolección**

El hongo *Trichoderma spp.* lo podemos encontrar abundantemente y podemos recoger muestras del mantillo en bosques nativos, corteza vegetal y madera en descomposición. Lo identificamos por su tonalidad verde esmeralda y un olor agradable (anisado). Para aislar el hongo del componente donde se encuentra, nos ayudaremos de una cuchilla o navaja bien afilada y desinfectada. La captura de *Trichoderma spp.* se realiza en bolsas de polipropileno (bolsas de plástico que utilizamos para congelar alimentos), cerrándose para evitar su desecamiento. También podemos usar envases de cristal. Los métodos de reproducción o cultivo de *Trichoderma spp.* se efectúan según las herramientas y utensilios con que se cuente (Vásquez, 2019).

## **3.3 *Azotobacter spp.***

### **3.3.1 Generalidades**

Según Rodríguez et al. (2016), las bacterias asociativas que son de vida libre se pueden encontrar en el género *Azotobacter spp.* Entre sus potencialidades resaltan la fijación biológica del nitrógeno atmosférico y la producción de fitohormonas, por lo cual se los conoce comúnmente como bacterias promotoras de crecimiento. Se descubrió que existen cepas de *Azotobacter spp.* que pueden inhibir múltiples especies de hongos.

Según Yoneyama et al. (2015), *Azotobacter spp.* es un tipo de bacteria Gram positiva presente en suelo y agua dulce, que puede sintetizar simultáneamente Polihidroxicanoatos (PHAs) y Alginatos (AG) como mecanismo de protección natural, cuyas características

químicas, físicas, mecánicas y termodinámicas de ambos polímeros han mostrado cualidades particulares que pueden ser utilizadas en futuras aplicaciones en la industria.

### 3.3.2 Características

Las bacterias *Azotobacter spp.* y otras rizo bacterias deben cumplir 3 características: (1) ser capaz de colonizar el sistema radicular o la solución del suelo más cercana a él; (2) tener la capacidad de establecerse y multiplicarse rápidamente en la rizosfera del sistema radicular, donde compiten con otros microorganismos ya presentes en el suelo; y (3) promover el crecimiento de las plantas (Quispe, 2021).

De acuerdo a Sumbul et al. (2020), a la fecha han sido identificadas 7 especies del género *Azotobacter spp.*, un grupo de bacterias Gram negativas, no patógenas, estrictamente aerobias con una gran habilidad de fijar  $N_2$  en el suelo y sintetizar sustancias que favorecen el crecimiento de las plantas tales como hormonas, vitaminas, aminoácidos y  $N_2$ . No obstante, cada una de estas especies tienen características particulares de crecimiento que las diferencian, así como también en algunos casos difieren en la producción de algunos metabolitos.

Patil et al. (2020), indica que, si bien este grupo de especies es estrictamente aerobio, bajo condiciones de estrés o condiciones ambientales desfavorables (baja concentración de oxígeno) tienen la capacidad de formar quistes para entrar en un estado de reposo o inactividad. La creación de este tipo de barrera defensiva permite que este tipo de microorganismos pueda generar metabolitos intra y extracelulares tales como polihidroxialcanoatos (PHA), y alginatos (AG).

Aasfar et al. (2021), afirma que, si bien las diferentes especies de *Azotobacter spp.* tienen la capacidad de producir los biopolímeros de AG y PHA, son finalmente las especies *A.*

*vinelandii* y *A. chroococcum* las que mayor presencia tienen en los suelos fértiles (> 80%) en comparación con las otras especies de *Azotobacter spp.*

**3.3.2.1 Alginatos.** Para Puscaselu et al. (2020), el AG, un polímero de bajo costo, de naturaleza inerte, biocompatible, biodegradable y de fácil gelación ha despertado el interés de la industria alimentaria, farmacéutica y agricultura. En particular, las especies de *Azotobacter spp.* producen AG acetilado de alto peso molecular, por ello tienen una mayor preferencia como estabilizante y gelificante en la industria alimentaria. No obstante, este polímero en particular no solo puede ser usado como ingrediente alimentario, sino también puede ser destinado como aditivos en el sector médico debido a su biocompatibilidad, baja toxicidad y bajo costo.

**3.3.2.2 Polihidroxicanoatos (PHA).** Huamán et al. (2021), señala que, los polihidroxicanoatos comprenden una familia de poliésteres biodegradables, que son producidos no solo por las especies del género *Azotobacter spp.*, sino también por una extensa variedad de microorganismos. Si bien el PHB y PHV pueden usarse en la fabricación de plásticos biodegradables para reemplazar al plástico sintético debido a su alta biodegradabilidad, así como a sus propiedades físicas y mecánicas; también estos polímeros pueden ser usados en la fabricación de dispositivos médicos debido a su biocompatibilidad y alta resistencia a temperaturas de esterilización. Adicionalmente, desde un punto de vista agronómico, la biodegradación de estos polímeros permite no solo mejorar la flora microbiana aerobia benéfica para los cultivos sino también permiten regular el contenido de N<sub>2</sub> en el suelo.

De acuerdo a Yoneyama et al. (2015), es relevante tomar en cuenta que las especies de *Azotobacter spp.* pueden sintetizar de manera simultánea ambos polímeros de AG y PHAs; por

ejemplo, a 30 °C y bajas concentraciones de oxígeno, la producción de PHB es dos veces mayor comparada con la producción de AG. No obstante, el solo hecho de generar ambos compuestos conlleva a un complicado proceso de purificación con el propósito de separar ambos polímeros de PHB y AG. Por ello, diversos trabajos de investigación han demostrado que es posible bloquear los genes responsables de la producción de Alginatos con la finalidad de promover solo la producción de PHB o viceversa.

### **3.3.3 Eficiencia de *Trichoderma spp.* y *Azotobacter spp.***

De acuerdo a Romero et al. (2016), el efecto de *Trichoderma spp.* es progresivo, así mismo, en medida que se va introduciendo en el suelo, este comienza a propagarse, teniendo una rápida colonización por consiguiente reduce la población de fitopatógenos que a su vez va generan una asociación con las raíces de la planta, no obstante, favorece la absorción de nutrientes, el crecimiento foliar, la inducción de defensas en la planta.

Rodríguez (2022), señala que, este hongo ha demostrado buenos resultados como antagonista ya que tiene mecanismos en el control de fitopatógenos. Además, tiene una velocidad alta de crecimiento, por lo que es capaz de establecerse bien en el suelo y controlar efectivamente al patógeno. Este hongo benéfico también muestra una acción micro parasitaria contra hongos fitopatógenos, este micro parasitismo se muestra en forma de enrollamiento, de adhesión, de penetración y lisis en el micelio.

Saleh et al. (2018), indican que *Trichoderma spp.* es un hongo antagonista y su crecimiento es beneficioso por la presencia de raíces, a las cuales va colonizar con rapidez, es importante mencionar que algunas cepas, son capaces de colonizar y crecer en las raíces a medida que éstas se desarrollan y es un excelente estimulador del crecimiento radicular lo que permite obtener frutos de mayor tamaño y peso logrando así un mayor rendimiento, además evita

los daños ambientales y en la salud de las personas, que son provocados por el uso desmedido de fungicidas químicos.

Para Sánchez et al. (2019), el efecto beneficioso del *Azotobacter spp.* no solo se debe a su capacidad bioestimulante, sino a su acción nitró fijadora y excreciones metabólicas que liberan ciertas proteínas y enzimas que pueden producir modificaciones fisiológicas y metabólicas en las plantas.

Estudios realizados previamente indican que el género *Azotobacter spp.* tiene la capacidad de fijar 10 mg de nitrógeno en condiciones de laboratorio, señalando además que los biofertilizantes con base a este género son más baratos y ecológicos. *Azotobacter chroococcum* tiene gran significancia en la nutrición de las plantas y la contribución a la fertilidad de los suelos y además tiene un potencial biofertilizante que puede ser utilizado como alternativa a los fertilizantes nitrogenados usados convencionalmente (Salazar, 2017).

De acuerdo a Rueda et al. (2016), las PGPR (Plant Growth Promoter Rhizobacteria), entre las que se incluye *Azotobacter spp.*, estimulan el crecimiento y el rendimiento de frutales, además el consorcio conformado por cepas de *Azospirillum spp.* y *Azotobacter spp.* incide afirmativamente en aquellos cultivos, debido a que se visualiza un incremento en el crecimiento de la planta, contenido de clorofila, peso fresco y seco de la raíz.

### **3.4 Mandarina**

La mandarina (*Citrus reticulata*), es un cultivo bien reconocido en Ecuador, se presencian variedades acordes al lugar de producción, como es el caso de los valles cálidos en los que se visualiza la mandarina pequeña, mientras que en el área tropical se encuentra la mandarina grande, y la mandarina rosada o rosa se presenta en los espacios subtropicales. Las

zonas tropicales húmedas, valles secos de la sierra y las estribaciones de la cordillera son consideradas zonas apropiadas para que la mandarina se produzca (Zambrano, 2019).

De los 2.8 millones de toneladas que se producían hace 50 años a los 28.5 millones de toneladas actuales que proyecta el Servicio Agrícola Exterior del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, la producción mundial de mandarinas ha aumentado casi exponencialmente. Lo mismo ocurre con el consumo, que ha aumentado significativamente desde la década de 1990 junto con cambios en la dieta de toda la población, pasando de un consumo per cápita de menos de 1 kg de mandarinas frescas por residente por año a 3.7 kg. en 2016 por residente y año.

El cultivo de mandarina no es estacional en Ecuador por las condiciones agroambientales del país; la cosecha se realiza de forma continua porque la temporada es constante durante todo el año y por los prolongados periodos de luz en la zona ecuatorial, entre otras cosas. Esto favorece que el fruto tenga un mejor desarrollo de los almidones, lo que le da a la variedad clementina un sabor menos ácido y muy agradable (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca, 2016).

La producción de mandarina se considera un cultivo antiguo en el Ecuador, y existen varias variedades tradicionales según la zona de producción, que pueden ser tanto en los valles cálidos como en las zonas subtropicales. La región de la Costa del país produce la mayor cantidad de mandarinas en general. Manabí es la provincia que en 2017 alcanzó un pico histórico, superando las 300,000 mandarinas por cada centro de acopio (Zambrano, 2019).

**Tabla 2***Densidad de siembra y rendimiento de mandarina por provincia a nivel nacional*

<b>Provincias</b>	<b>No. de árboles</b>	<b>Producción ha</b>
Manabí	515,172	246,316
Los Ríos	67,034	2,306
Centro Oriente	45,260	7,208
Guayas	44,977	1,454
Esmeraldas	25,171	2,435
Santo Domingo	19,570	311
El Oro	16,915	628
Loja	9,247	169
Azuay	8,514	89
Bolívar	8,000	171
Cotopaxi	7,305	146
Pichincha	6,537	2,371
Nororiente	6,296	117
Chimborazo	2,371	51

*Nota.* Esta tabla muestra el número de árboles y producción ha sobre el cultivo de mandarina en ciertas provincias del Ecuador; datos tomados de Mora (2022).

### 3.4.1 Requerimiento nutricional

**Tabla 3**

*Valor nutricional de la mandarina*

<b>Valor nutricional de la mandarina en 100 g de sustancia comestible</b>	
Agua (g)	87
Proteínas (g)	0.8
Lípidos (g)	0.2
Carbohidratos (g)	11.6
Calorías (Kcal)	46
Vitamina A (U.I.)	420
Vitamina B1 (mg)	0.07
Vitamina B2 (mg)	0.02
Vitamina B6 (mg)	0.07
Ácido nicotínico (mg)	0.2
Vitamina C (mg)	31
Sodio (mg)	2
Potasio (mg)	110
Calcio (mg)	40
Magnesio (mg)	11
Manganeso (mg)	0.04
Hierro (mg)	0.4
Cobre (mg)	0.1

---

**Valor nutricional de la mandarina en 100 g de sustancia comestible**

---

Fósforo (mg)	18
Azufre (mg)	10
Cloro (mg)	2

---

*Nota.* Esta tabla presenta el valor nutricional que tiene la mandarina en 100 g de sustancia comestible; datos tomados de Mora (2022).

### 3.4.2 Manejo del cultivo

De acuerdo a Tapullima (2021), los requerimientos agroecológicos para que los críticos sean producidos (en este caso la mandarina) son:

**Tabla 4**

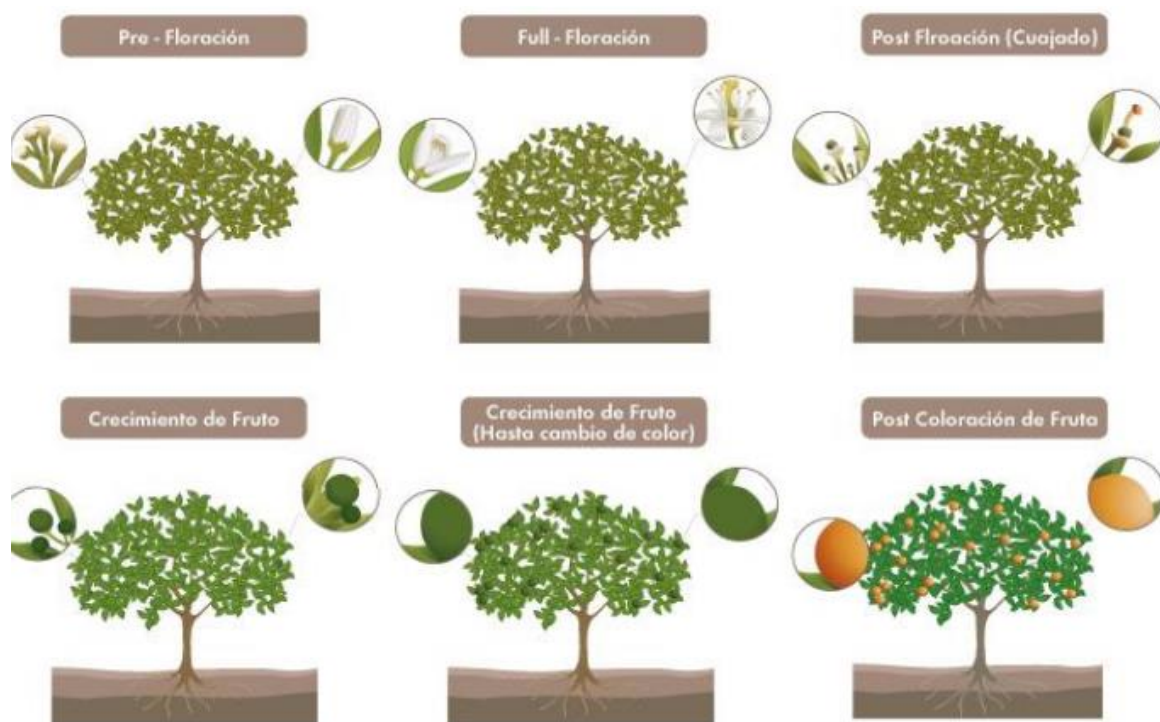
*Requerimientos agroecológicos para el cultivo de mandarina*

<b>Factores</b>	<b>Descripción</b>
Altitud	500 a 2,000 m. s. n. m.
Precipitación	1,200 mm repartido en un periodo (anual), además siempre que se requiere se de efectuar el riego.
Temperatura	20 a 30°C.
Humedad relativa	60-70%.
Topografía	Terrenos con pendientes moderadas, profundidad mayor a los 80 cm y un drenaje apropiado.
Suelo	Franco, franco arenoso, franco arcillo arenoso, profundos, con buen drenaje y abundante materia orgánica.
pH	De 5.5 a 7.

*Nota.* Esta tabla presenta los requerimientos agroecológicos que se requiere para el cultivo de mandarina, considerando algunos factores y su valor; datos tomados de Tapullima (2021).

### Figura 3

#### *Etapas fenológicas del cultivo de mandarina*



*Nota.* Esta figura muestra las etapas fenológicas que tiene el cultivo de mandarina, empezando por la pre-floración y culminando en la post coloración del fruto; tomado de Mora (2022).

De acuerdo a Rokaya et al. (2019), en la mandarina es primordial el manejo nutricional, el cual es un factor que repercute de manera directa en el crecimiento vegetativo y aumenta la eficiencia fotosintética del campo. Según Ruchala et al. (2020), aquello depende de los factores bióticos como el manejo de plagas, variedad y porta injerto; además de los abióticos como el manejo del suministro de agua, manejo nutricional, composición edáfica y el clima.

Para Yfran et al. (2019), los cítricos necesitan enormes cantidades de nutrientes, por lo que en diversas ocasiones hay deficiencias de algunos elementos esenciales para una apropiada producción, los cuales deben aplicarse de forma rápida. Según Kamei et al. (2019), la aplicación foliar de los micro y macronutrientes brinda resultados perceptibles sobre aspectos como la calidad, rendimiento, formación, floración y crecimiento vegetativo de la fruta.

Según Al-Obeed et al. (2018), las aplicaciones foliares están entre 10 a 20 veces con mayor efectividad que la aplicación edáfica de los fertilizantes en las fases como la formación y floración de frutos. Aplicaciones de zinc, magnesio, cobre y boro, tienen mayor efectividad a grado foliar para que las deficiencias de tales elementos sean cubiertas.

### **3.4.3 Siembra**

De acuerdo con el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP, 2014), se recomienda que los árboles de mandarina estén separados 6 m por 6 m, con un total de 277 árboles por hectárea. En Imbabura se siembran árboles de mandarino a una distancia de 4 m por 4 m, con un total de 625 plantas por hectárea.

La producción de cítricos necesita las siguientes condiciones agroecológicas: Altitud: 500 a 2,000 metros sobre el nivel del mar. Si necesita usar riego, hay 1,200 mm de precipitación repartidos a lo largo de un año. Se adapta mejor en un rango de 20 a 30 °C. El cultivo necesita una humedad relativa de entre el 60 y el 70%. Se adapta a suelos con drenaje adecuado, profundidades mayores a 80 cm y pendientes moderadas. Franco, arenoso, franco arcilloso arenoso; profundo; excelente drenaje; rico en materia orgánica. Crece en suelos con un pH entre 5 y 7.

### **3.5 Poda**

La poda de fructificación se considera como la poda con mayor relevancia en los cítricos, como es el caso de la mandarina; tiene influencia en el tamaño, calidad y cantidad respecto al fruto, también aporta en la reducción de la presencia de enfermedades que han sobrevivido en las ramas enfermas o muertas, siendo por melanosis y antracnosis, las que generan la caída de los frutos de menor tamaño (Artavia, 2019).

Para controlar la mandarina se requiere la implementación de la poda, la cual debe efectuarse anualmente, considerando que existen varios tipos, pero siempre hay que centrarse en la disminución del área foliar y la eliminación de las ramas viejas. Además, facilita una mejor ventilación interna, así como la reducción de las condiciones micro climáticas y espacios de sombra que favorecen a que las plagas se desarrollen, además de una mejor cobertura cuando se hace una aplicación (Fronza, 2021).

Según Miranda et al. (2020), la efectuación de podas en los árboles de mandarina tiene como propósito cambiar los ejes de crecimiento, por medio de cortes mecánicos y manuales del tejido, acorde a la fenología de la planta, además forma parte esencial del manejo agronómico del cultivo. Se debe considerar que, si los árboles no son podados, su crecimiento es irregular, libre, con ramas etioladas, lo que genera la formación de árboles elevados en donde los controles fitosanitarios y la adquisición de la fruta son complicados de realizar. Los objetivos principales son: controlar la alternativa de las cosechas, generar frutos de excelente calidad, reducir la presencia de enfermedades, alcanzar un equilibrio fisiológico, destruir las ramas no deseables, cambiar el vigor de la planta, definir su porte, y armonizar la arquitectura de la misma.

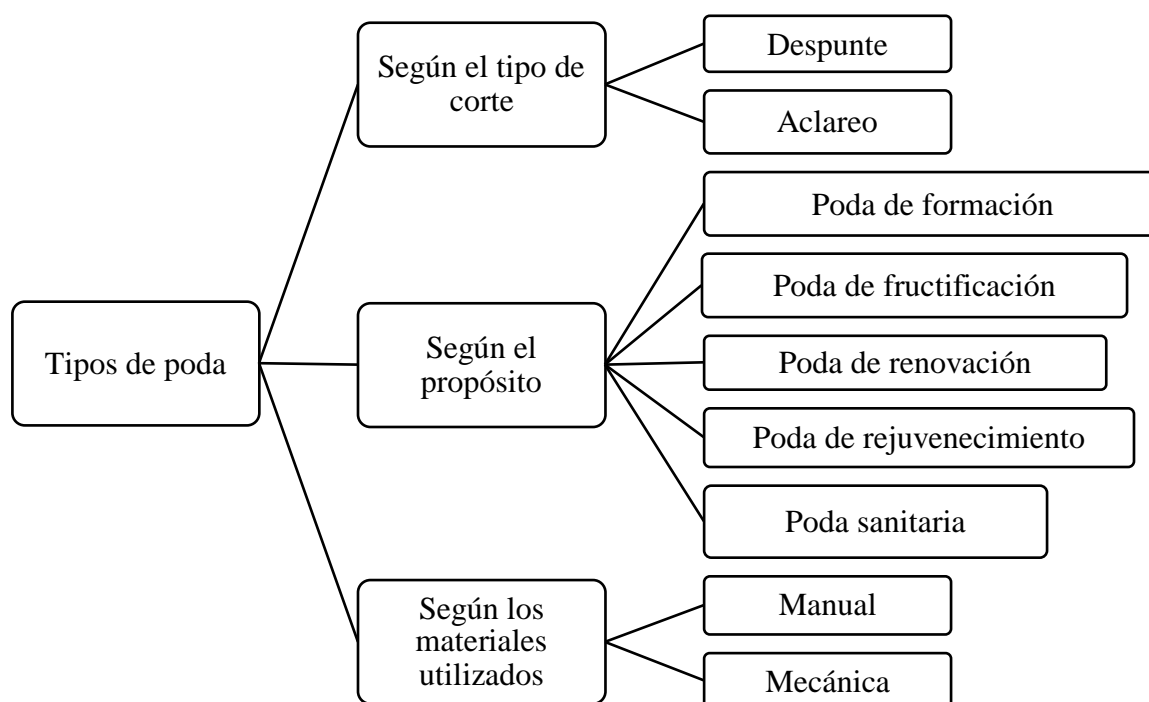
De acuerdo a Pino et al. (2015), la poda en los cítricos favorece de la siguiente forma:

- Mayor aireación, insolación y luz en la parte interna del área foliar.
- Los nutrientes se aprovecharán y repartirán eficazmente.
- Incremento de la calidad, tamaño y aprovechamiento del fruto.
- Reducción de la susceptibilidad a la confrontación de enfermedades y plagas, al mostrar una mayor aireación y vigorosidad en el árbol.

- Disminución del egreso en fitosanitarios, debido a la existencia de menor ramaje o follaje, y por aquello un menor requerimiento de nutrientes. Facilita la entrada en producción de los árboles lo más pronto posible.
- Conserva una productividad alta y estable anualmente.
- Alcanza una productividad de calidad. Permite las actividades de cultivo, tratamientos foliares y su recolección.
- Conserva el estado sanitario de calidad.

**Figura 4**

*Tipos de poda*



*Nota.* Esta figura presenta los tipos de podas de acuerdo a Reig et al. (2020).

La poda por despunte se emplea para destruir la dominancia apical y fomentar la brotación lateral, para que así la planta producida sea más compacta. La poda por aclareo trata de extinguir en su totalidad los brotes del tronco o de las ramas, permitiendo que los restantes

crezcan, hasta lograr una planta de mayor tamaño, amplitud, y mejor claridad al interior de la copa. La poda de formación se efectúa con el fin de que los árboles frutales puedan crecer guiados y poseer un esquema sólido que ayude al soporte de buenas cosechas (Estrada, 2020).

De acuerdo a Artavia (2019), la poda de fructificación es la que posee mayor relevancia dentro de los cítricos, puesto que influye en el tamaño, calidad y cantidad del fruto, también aporta en la reducción de la presencia de enfermedades que sobreviven en ramas enfermas o muertas, como por ejemplo la melanosis y antracnosis, mediante las que se genera la caída de los frutos pequeños. La poda de rejuvenecimiento posee la finalidad de fomentar la brotación vegetativa, extinguiendo las ramas secundarias al momento en que el diámetro es inferior a 3 cm, dejando al árbol o planta a una altura de 2 m; tiene que ser complementado mediante la implementación de fertilizantes, regulación de malezas, enfermedades, plagas, entre otros.

Según Viera et al. (2021), la poda de renovación se efectúa luego de que el cultivo haya alcanzado su madurez fisiológica y empieza su declive haciendo una poda total, dejando únicamente brotes superiores. Se hace al instante en que el crecimiento es altamente denso, se aconseja en cultivos que tengan edades de 4 años dejando únicamente las ramas principales y el tallo principal. Consiste en que la parte aérea de las plantas sea extinguida, y dejar una parte del tallo, del cual rebrote una nueva planta joven; en caso que el cultivo muestre un óptimo comportamiento y producción elevada, es aconsejable efectuar este tipo de poda cada 2 o 3 cosechas.

Para Reig et al. (2020), la poda manual no necesita de implementos especializados y se considera como la que más se emplea en la práctica, usando instrumentos sencillos como las motosierras, serruchos curvos o tijeras. La poda mecánica es realizada por medio de maquinaria variada, pero que tiene gran consistencia, en uno o más bastidores, móviles en cada altura y

dirección, a los cuales las sierras circulares de varios tamaños y diámetros de dientes accionadas de forma hidráulica se adosan. La poda de rejuvenecimiento es objeto de esta investigación.

### **3.6 Fertilización**

De acuerdo a Fronda (2021), conservar las plantas de carácter vigoroso, se considera parte de una operación requerida para el manejo de las plagas; para lo cual se diseñan programas de fertilización, además de emplear patrones con alta resistencia a las condiciones climáticas, y que brindan mayor vitalidad al cultivo, en este caso al de mandarina.

La fertilización posee como propósito la mejora de la producción, además que los elementos que se extraen por las plantas se los reponga, y añadir los nutrientes por los cuales el suelo padece. Para eso hay que tomar en cuenta la producción de plantas, cantidad de árboles, edad, calidad del agua y la clase del suelo; para así lograr definir las dosis y fuentes para el cultivo, debido a que las deficiencias nutricionales disminuirían los rendimientos y también provocan deficiencias en la calidad de los frutos (Noriega, 2021).

Según Miranda et al. (2020), la conservación de los árboles fertilizados aporta a que los mismos tengan mayor resistencia a enfermedades y plagas, a las podas u otra actividad que se efectúe; por lo cual, la fertilización se considera una práctica esencial en los cítricos, debido a que también la deficiencia de nutrientes genera reducción en la calidad y producción del fruto. El pH es considerado un factor a tomar en cuenta para que los nutrientes sean absorbidos; un suelo que tenga mucha acidez es pobre en bases como el potasio, magnesio y calcio, se disminuye la operación de los microorganismos y el fósforo disponible, por la precipitación con el aluminio y el hierro.

### **3.7 Requerimientos del cultivo**

#### ***3.7.1 Macronutrientes***

De acuerdo a Liao et al. (2019), entre los elementos más fundamentales para la nutrición de los cítricos, el nitrógeno tiene un papel importante en varios ciclos, considerándose indispensable para la vida de las plantas, por ser el constituyente más relevante de la clorofila y debido a su actuar como precursor de diversos aminoácidos. La utilización de este componente ayuda en la mejora del tamaño de la fruta, contenido del jugo final y el grosor de la corteza del mismo; se encuentra vinculado a la integración de la pulpa en los frutos.

Para Obreza et al. (2020), pulverizaciones foliares de K, P y N, abarcan un método óptimo para cubrir los requerimientos que no se pueden cubrir mediante la lenta absorción que poseen como cualidad las raíces de los cítricos. En cuanto al fósforo, en los suelos arenosos es sencillamente aprovechable las reservas del mismo, también es esencial para roles básicos como el movimiento del azúcar a la fruta y su crecimiento.

Según Quaggio et al. (2019), el potasio se muy relevante para la calidad del jugo, tamaño y rendimiento de los frutos; la deficiencia del mismo ocasiona deficiencias en la cantidad de frutas producidas, recude el total de los sólidos solubles del jugo y contenido de la vitamina C, que son fundamentales como índices de calidad.

#### ***3.7.2 Micronutrientes***

De acuerdo a Gurjar et al. (2018), la aplicación foliar de los micronutrientes es fundamental debido a que se considera una forma efectiva y rápida para cubrir la demanda de los nutrientes, además tiene mayor efectividad que la aplicación al suelo. Esta técnica es importante porque reemplaza prontamente la demanda de componentes de consumo rápido y que en las raíces no se los pueden asimilar con la misma velocidad que son consumidos. La

aplicación foliar complementario a la fertilización edáfica facilita el incremento en enorme medida sobre el rendimiento. Respecto al grupo de los micronutrientes como el  $B^{+3}$ ,  $Cu^{+2}$ ,  $Mg^{+2}$ ,  $Mn^{+2}$ ,  $Zn^{+2}$ , el boro es uno de los más esenciales. La interacción de los elementos como el  $Zn^{+2}$ ,  $B^{+3}$ ,  $Cu^{+2}$ ,  $Mn^{+2}$  y  $Fe^{+2}$ , con urea (N) aumentó la cantidad de frutos por calidad y planta de la fruta, en este caso de la mandarina (Borja, 2022)

### **3.8 Cosecha y postcosecha**

La cosecha es una fase que se encuentra definida por la maduración de los frutos, en el caso de las mandarinas se efectúa primordialmente en los meses de junio a julio, y de noviembre a diciembre. La cosecha de los frutos se hace manualmente, motivo por lo que es aconsejable que para que esta operación se desarrolle, se emplean recipientes y escaleras, al igual que la utilización de tijeras para el desprendimiento de la fruta de las ramas, con el fin de impedir golpes y cortes en la cáscara (Alcívar, 2019).

De acuerdo a Caicedo (2021), el manejo postcosecha se trata de un procedimiento de manipulación, clasificación y lavado de la fruta en estado fresco y la cosecha se efectúa manualmente. Se considera una destreza que emplea varios sistemas tecnificados con la finalidad de que las calidades sean vigiladas, pérdidas disminuidas, y aseguramiento de las buenas prácticas de manejo sanitario. Los cítricos como es el caso de la mandarina, es una fruta perecible, razón por la cual se tiene que tener cuidado al instante de efectuar la cosecha, e impedir que la fruta reciba algún golpe y magulladura que generen afectación en su almacenamiento, transporte y comercialización (Vallejos, 2019).

## CAPÍTULO IV

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 4.1. Materiales

##### Tabla 5

*Materiales utilizados en la evaluación de la bioaumentación de Trichoderma spp. y Azotobacter spp. como alternativa de manejo en el cultivo de mandarina (citrus reticulata), luego de la poda de renovación*

Herramientas de campo	Microorganismos	Productos fitosanitarios	Fertilizantes
Serrucho	<i>Trichoderma spp.</i>	Dormex	Yara Mila complex
Tijeras de poda	<i>Azotobacter spp.</i>	Aceite agrícola	Nitrato de amonio
Cinta métrica			
Bomba de fumigar			
Tanque de 200 litros			
Sistema de riego			

#### 4.2. Establecimiento del área experimental

En el área experimental se observó de manera visual a los mejores árboles de mandarina para utilizarlos en el experimento, se delimito el área y se sorteó al azar los tratamientos que se ocuparon en el experimento.

**Tabla 6***Manejo del experimento para el cultivo de mandarina*

<b>Actividades</b>	<b>Descripción</b>
Limpieza de coronas	Se limpió la corona de todos los árboles con ayuda de un azadón.
Poda de renovación	Se podan los árboles de mandarina con la ayuda de un serrucho y de forma técnica para que estos árboles de mandarina sean renovados.
Control fitosanitario	Se aplicó un control fitosanitario para el musgo y liquen que se encontraba plagado en los árboles de mandarina, se aplicó 500 ml de dormex y 500 ml de aceite agrícola en 20 litros.
Instalación de sistema de riego	Se instaló el sistema de riego por goteo en toda el área que se tomó para realizar el experimento.
Toma de muestras para análisis de laboratorio	Se utilizó la técnica en “Zigzag” para obtener una muestra en general de cada sub muestra recolectada, se procedió a enviar a laboratorio y de esta manera contar con los datos requeridos para el ensayo.
Fertilización	Se procedió a la fertilización donde se utilizó Yara mila complex y nitrato de amonio, se procedió a abrir surco y a colocar el fertilizante.
Inoculación de microorganismo	Para la inoculación de microorganismos se utilizó un tanque de 200 litros y una regadera para inocular cada tratamiento. Se utilizó <i>Trichoderma spp.</i> y <i>Azotobacter spp.</i> , las dosis que se utilizaron fueron: el primer mes se aplicó 3 ml/L y en cada árbol se colocó 10 litros, esto para <i>Trichoderma spp.</i> y <i>Azotobacter spp.</i> ; para el resto de aplicaciones se utilizó la dosis de 1 ml/L y de igual manera 10 litros por árbol.

### 4.2.1. Diseño experimental

**Tabla 7**

*Esquematización de análisis de varianza*

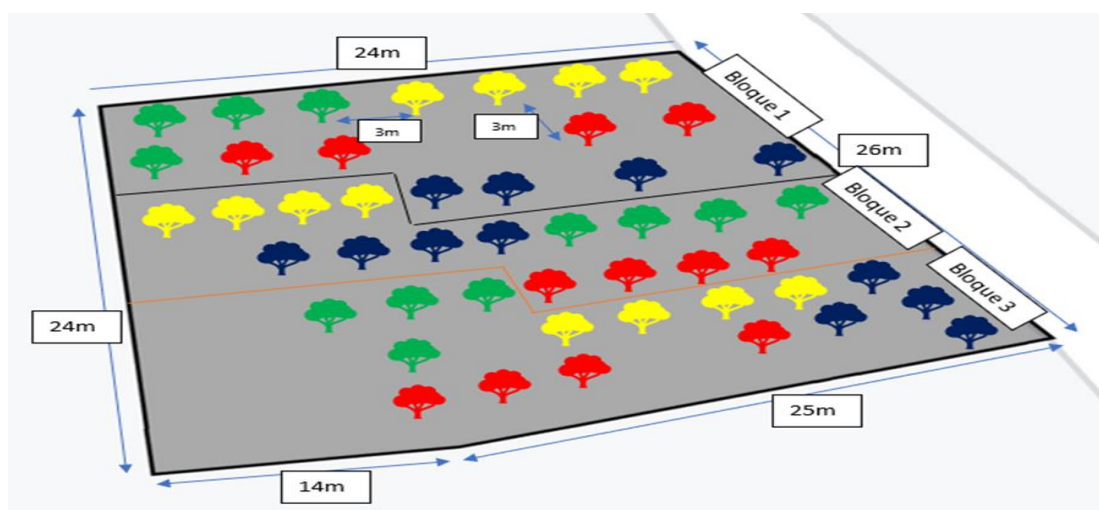
Fuente de Variación	GL
Total	11
Tratamientos	3
Bloques	2
Error experimental	6

Nota. Esta tabla muestra el esquema de análisis de varianza.

En este ensayo se utilizó un diseño de bloques completamente al azar, con 3 tratamientos más un testigo, dando un total de 4 tratamientos y 3 repeticiones, generando un total de 12 unidades experimentales, donde cada unidad experimental estuvo compuesta por 4 árboles de mandarina.

**Figura 5**

*Croquis de establecimiento de tesis en mandarina*



*Nota.* Esta figura muestra el croquis de establecimiento de este trabajo, considerando que: Tratamiento 1 (*Trichoderma spp.*) = color azul; Tratamiento 2 (*Azotobacter spp.*) = color rojo; Tratamiento 3 (*Trichoderma spp.* + *Azotobacter spp.*) = color amarillo; Tratamiento 4 (testigo)= color verde.

### **4.3. Métodos**

#### ***4.3.1 Evaluación del efecto de *Trichoderma spp.* y *Azotobacter spp.* como mejoradores de las propiedades fisicoquímicas del suelo.***

**4.3.1.1 Propiedades fisicoquímicas: (pH, nitrógeno total, fósforo y potasio).** Se tomaron muestras de suelo de cada tratamiento del experimento, esta muestra se guardó en fundas plásticas y se etiquetó, luego se las llevó a laboratorio y se realizó el respectivo análisis de suelo. Se utilizó los kits de laboratorio para analizar los elementos como nitrógeno, fosforo y potasio, para pH se utilizó el potenciómetro.

#### ***4.3.2 Determinación del efecto de la inoculación de microorganismos en el suelo, mediante el conteo de nuevos brotes y análisis foliar en el cultivo de mandarina sometido a podas de renovación.***

**4.3.2.1 Número de brotes (largo de brotes).** Se evaluó el número de brotes (largo de brotes) contabilizando todos los brotes que salieron después de la poda de renovación, también se midió cada brote y se sacó un promedio de número y medidas de largo de brotes de cada tratamiento, El conteo y medición de brotes se realizó antes de la poda de formación del árbol de mandarina.

**4.3.2.2 Análisis foliar.** Se recolectó las muestras de hojas que sean nuevas y estén completas, de todos los árboles se tomó 2 hojas en cada dirección, norte, sur, oeste y este para tener un ángulo de 360°, después se guardó las muestras de cada tratamiento en bolsas de papel, luego se llevó a laboratorio a realizar este Análisis foliar.

## CAPÍTULO V

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 5.1. Evaluación del efecto de *Trichoderma spp.* y *Azotobacter spp.* como mejoradores de las propiedades fisicoquímicas del suelo

##### 5.1.1 Propiedades fisicoquímicas del suelo.

**Tabla 8**

*Prueba normalidad y Homogeneidad de las propiedades fisicoquímicos del suelo*

Variable	Normalidad (P valor)	Homogeneidad (P valor)
Nitrógeno (PPM)	0.5893	0.1963
Fósforo (PPM)	0.898	0.2956
Potasio (meq/100ml)	0.928	0.2341
MO (%)	0.1662	0.7372
pH	1.1429	0.384

*Nota:* Se observa que si existe Normalidad y homogeneidad en las variables ya que se obtuvo datos en p valor que son mayores a 0.05, con lo que podemos decir que si existe normalidad y homogeneidad.

En la tabla 8 se muestra las pruebas de Shapiro Wilk para determinar normalidad y Bartlett para homogeneidad, aplicadas a los datos referentes a las propiedades fisicoquímicas del suelo, donde, se observó que si existe normalidad y homogeneidad en esta variable.

**Tabla 9**

*Análisis de varianza para las propiedades fisicoquímicas del suelo en la evaluación de la bioaumentación de Trichoderma spp. y Azotobacter spp.*

Variable	T1	T2	T3	T4
Nitrógeno (PPM)	37.32 <sup>C</sup>	43.38 <sup>B</sup>	56.4 <sup>A</sup>	30.5 <sup>D</sup>
Fósforo (PPM)	129.73 <sup>B</sup>	85.10 <sup>C</sup>	149.43 <sup>A</sup>	72 <sup>D</sup>
Potasio (meq/100ml)	1.93 <sup>B</sup>	0.88 <sup>C</sup>	2.69 <sup>A</sup>	0.75 <sup>D</sup>

MO (%)	4.44 <sup>A</sup>	4 <sup>A</sup>	4.21 <sup>A</sup>	3.34 <sup>B</sup>
pH	6.63 <sup>A</sup>	6.60 <sup>A</sup>	6.5 <sup>A</sup>	6.65 <sup>A</sup>
Textura	Franco (arena 43.50%, limo 47 %, arcilla 9.50%) <sup>A</sup>			

Nota: T1= *Trichoderma spp.*; T2= *Azotobacter spp.*; T3= *Trichoderma spp.* + *Azotobacter spp.*; T4= testigo.

En la Tabla 9, se muestran las propiedades fisicoquímicas del suelo en relación al nitrógeno, fósforo, potasio, materia orgánica y pH.

Se obtuvo 4 rangos para el contenido de nitrógeno, fósforo y potasio, donde, el tratamiento T3 mantuvo el rango A para el contenido de estos minerales, considerándose como el mejor, con un valor de 56.4 ppm para nitrógeno; 149.43 ppm para fósforo y 2.69 meq/100ml para potasio. En cuanto al contenido de materia orgánica se muestran 2 rangos; en el rango A se encuentran el T1, T2 y T3 con valores de 4.44, 4 y 4.21 % respectivamente, en cuanto a pH y textura se muestra un solo rango ya que no existió diferencias significativas.

Bedoya y Julca (2021), al evaluar el efecto de la materia orgánica en el cultivo de palto indicaron que el efecto de la materia orgánica resultó estadísticamente significativo, donde se mostró que el mejor tratamiento fue el T2 con un promedio de 4.24% de MO en el suelo., mientras que para pH no se encontraron diferencias estadísticas.

Para Noboa (2018), al evaluar el efecto de *Trichoderma spp.* en el rendimiento y calidad del fruto de mora de castilla (*Rubus glucus Benth*) en dos ambientes de Nono, no mostraron variaciones significativas, en el pH del suelo.

Zapata et al. (2018), al evaluar el *Trichoderma spp* como biocontrolador y promotor de crecimiento: una alternativa al uso de agroquímicos en cultivos intensivos, obtuvieron que las especies de *Trichoderma spp.* pueden crecer sencillamente en suelos con un pH entre 5.5 a 8.5; a pesar de que entre 5.5 a 6.5 tienen un mejor desarrollo.

Cedeño y Sánchez (2022) mencionan que *Trichoderma spp.* y *Azotobacter spp.* contribuyen al aumento de los nutrientes NPK en el suelo de diversas formas. *Azotobacter spp.*, una bacteria fijadora de nitrógeno, convierte el nitrógeno atmosférico en formas asimilables por las plantas, como el amonio y los nitratos, enriqueciendo así el suelo con nitrógeno disponible. Por otro lado, *Trichoderma spp.*, como hongo beneficioso, solubiliza el fósforo y mejora la absorción de potasio en el suelo mediante la liberación de enzimas y la descomposición de la materia orgánica. Estos microorganismos mejoran la disponibilidad de nutrientes NPK, lo que favorece un crecimiento saludable de los árboles de mandarina al permitir una mayor absorción de nutrientes esenciales para las plantas. Como resultado, la colaboración entre *Trichoderma spp.* y *Azotobacter spp.* contribuye a un suelo con más nutrientes, lo que se traduce en un cultivo de mandarina más productivo y sostenible.

Rodríguez (2022) menciona que, a pesar de las expectativas, tanto *Trichoderma spp.* como *Azotobacter spp.* no ejercieron una influencia significativa en el pH del suelo. Esta falta de efecto en el pH se atribuye a la capacidad reguladora inherente del suelo, que pudo haber contrarrestado cualquier cambio potencial inducido por estos microorganismos. Además, las propiedades químicas y biológicas del sustrato también podrían haber interactuado de manera compleja, amortiguando cualquier impacto directo en el pH. Este hallazgo, aunque inesperado, proporciona una perspectiva valiosa sobre la dinámica de estos agentes en el entorno del cultivo de mandarina (*Citrus reticulata*) y su interacción con los factores relacionados con el pH del suelo.

## 5.2 Determinación del efecto de la inoculación de microorganismos en el suelo, mediante el conteo de nuevos brotes y análisis foliar en el cultivo de mandarina sometido a podas de renovación

### 5.2.1 Número de brotes.

#### 5.2.1.1 Normalidad.

Se realizó la prueba de Shapiro Wilk para observar si tienen normalidad los datos donde se obtuvo un dato p-value de 0.6906 lo que es mayor a 0.05 y con esto podemos decir que si existe normalidad en los datos en la variable número de brotes.

**Tabla 10**

*Prueba de normalidad Shapiro Wilk de la variable número de brotes*

Variable	Promedio	W°	P valor
Número de brotes	35	0.95364	0.6906

#### 5.2.1.2 Homogeneidad

Se realizó la prueba de Bartlett para observar si tienen homogeneidad los datos donde se obtuvo un dato p-value de 0.4061 lo que es mayor a 0.05 y con esto podemos decir que si existe homogeneidad en los datos en la variable número de brotes.

**Tabla 11**

*Prueba de homogeneidad Bartlett de la variable número de brotes*

Variable	Promedio	P valor
Número de brotes	35	0.4061

#### 5.2.1.3 ANOVA

**Tabla 12**

*Análisis de varianza para número de brotes en la evaluación de la bioaumentación de Trichoderma spp. y Azotobacter spp.*

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F valor	Pr (>F)	
Total	11					
Tratamientos	3	1,322	440.7	202,244	2.05e-0.6	**
Bloques	2	2.5	1.2	0.567	0.595	
Error	6	13.1	2.2			
C.V%	4.21					

*Nota.* F.V: Fuentes de variación, G.L: Grados de libertad, S.C: Suma de cuadrado, C.M: Cuadrados medios, Fo: valor de F calculado, F 0.05: valor de F tabulado al 1% con una 95% de valor alfa de confiabilidad, \*: Diferencias significativas, \*\*: Diferencias altamente significativas, ns: No existen diferencias significativas.

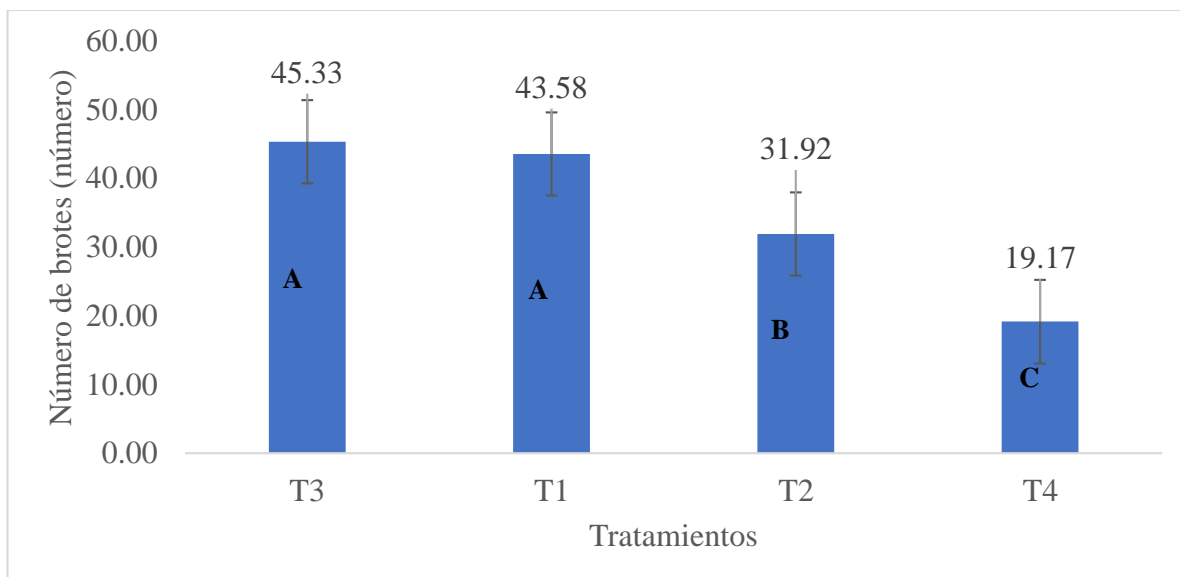
En la Tabla 12 se muestra la variable de número de brotes, con la realización del análisis ANOVA, se identificó que existe alta diferencia significativa al 1% entre los tratamientos evaluados, esto indica que existe un mejor tratamiento.

Del mismo modo se evidencia un coeficiente de variación de 4.21% lo cual se analiza como un porcentaje reducido de variabilidad en los datos; y un promedio entre tratamientos de 35 brotes.

#### 5.2.1.4 Prueba de Rango Múltiple

##### Figura 6

*Prueba de significancia Tukey al 1% para la variable número de brotes en el cultivo de mandarina (*Citrus reticulata*) durante la evaluación de la bioaumentación de *Trichoderma spp.* y *Azotobacter spp.**



Nota: T1= *Trichoderma spp.*; T2= *Azotobacter spp.*; T3= *Trichoderma spp.* + *Azotobacter spp.*; T4= testigo.

La prueba de Tukey al 1% para número de brotes (Figura 6), muestra que existen 3 rangos, en el rango A se encuentra el tratamiento T3 y T1, con el mayor valor de número brotes que representa un valor de 45.33 y 43.58 respectivamente. En el rango B, con un valor de 31.92 en el tratamiento T2 y en el rango C se encuentra el T4 con un valor de 19.17. Con esto se demuestra, que el uso de microorganismo influye positivamente en la aparición de nuevos brotes en los árboles de mandarina.

Según Companioni et al. (2019) *Trichoderma spp.* y *Azotobacter spp.* son dos microorganismos beneficiosos ampliamente empleados en agricultura para favorecer el crecimiento y desarrollo saludable de las plantas, incluyendo los árboles de mandarina. *Trichoderma spp.*, un hongo beneficioso, puede estimular el desarrollo del sistema radicular y proteger las raíces de los árboles contra patógenos presentes en el suelo, mejorando así la absorción de nutrientes y agua, factores esenciales para el proceso de brotación. Asimismo, este hongo puede activar respuestas de defensa en las plantas, fortaleciendo su resistencia a condiciones de estrés y enfermedades. Por otro lado, *Azotobacter spp.*, una bacteria capaz de fijar nitrógeno atmosférico, contribuye a incrementar la disponibilidad de nitrógeno en el suelo

al convertir dicho gas en formas asimilables por las plantas. Este aporte adicional de nitrógeno favorece un crecimiento más vigoroso de los árboles de mandarina, lo que puede traducirse en una brotación más abundante y saludable. En conjunto, la colaboración entre *Trichoderma spp.* y *Azotobacter spp.* establece una relación simbiótica beneficiosa con los árboles de mandarina, mejorando su salud, nutrición y capacidad para enfrentar condiciones ambientales adversas, lo que contribuye en última instancia a una brotación más exitosa.

### 5.2.2 Largo de brotes.

#### 5.2.2.1 Normalidad.

Se realizó la prueba de Shapiro Wilk para observar si tienen normalidad los datos donde se obtuvo un dato p-value de 0.06915 lo que es mayor a 0.05 y con esto podemos decir que si existe normalidad en los datos en la variable largo de brotes.

**Tabla 13**

*Prueba de normalidad Shapiro Wilk de la variable largo de brotes*

Variable	Promedio	W°	P valor
Número de brotes	16.85	0.87193	0.06915

#### 5.2.2.2 Homogeneidad.

Se realizó la prueba de Bartlett para observar si tienen homogeneidad los datos donde se obtuvo un dato p-value de 0.9939 lo que es mayor a 0.05 y con esto podemos decir que si existe homogeneidad en los datos en la variable largo de brotes.

**Tabla 14**

*Prueba de homogeneidad Bartlett de la variable largo de brotes*

Variable	Promedio	P valor
Número de brotes	16.85	0.9939

### 5.2.2.3 ANOVA.

**Tabla 15**

*Análisis de varianza para largo de brotes en la evaluación de la bioaumentación de Trichoderma spp. y Azotobacter spp.*

<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>F valor</b>	<b>Pr (&gt;F)</b>	
Total	11					
Tratamientos	3	275.14	91.71	55,458	9.1e-0.5	**
Bloques	2	0.35	0.18	0.106	0.901	
Error	6	9.92	1.65			
C.V%	7.63					

*Nota.* F.V: Fuentes de variación, G.L: Grados de libertad, S.C: Suma de cuadrado, C.M: Cuadrados medios, Fo: valor de F calculado, F 0.05: valor de F tabulado al 1% con una 95% de valor alfa de confiabilidad, \*: Diferencias significativas, \*\*: Diferencias altamente significativas, ns: No existen diferencias significativas.

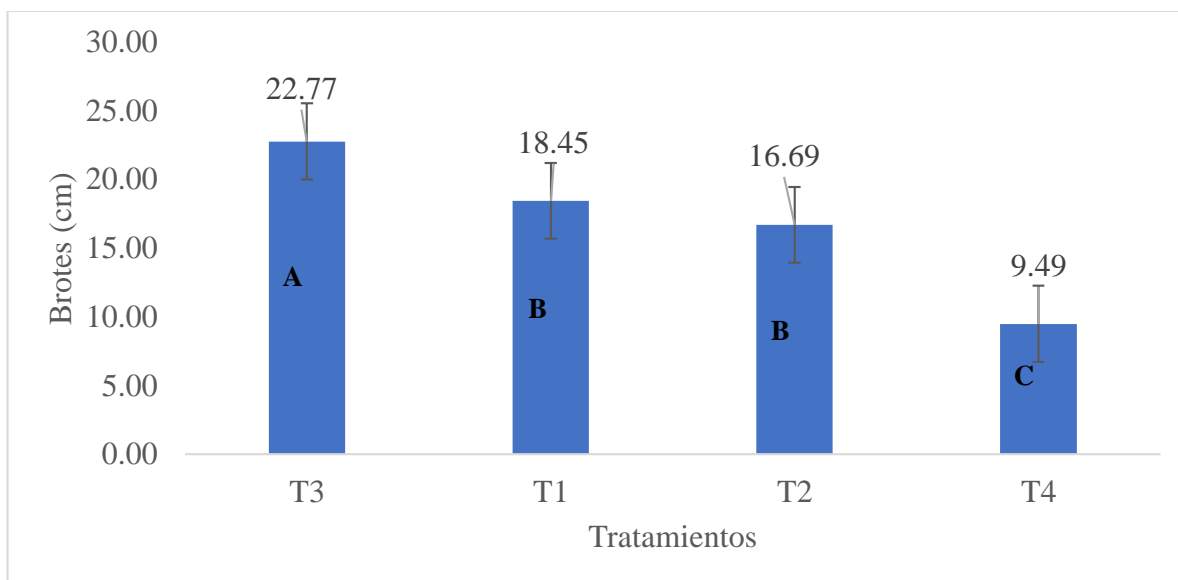
En la Tabla 14 se muestra la variable de largo de brotes, con la realización del análisis ANOVA, se identificó que existe una alta diferencia significativa al 1% entre los tratamientos evaluados, esto indica que existe un mejor tratamiento.

Del mismo modo se evidencia un coeficiente de variación de 7.63% lo cual se analiza como un porcentaje reducido de variabilidad en los datos; y un promedio entre tratamientos de 16.85 cm de largo de brote.

### 5.2.1.4 Prueba de Rango Múltiple

**Figura 7**

Prueba de significancia Tukey al 1% para la variable largo de brotes en el cultivo de mandarina (*Citrus reticulata*) durante la evaluación de la bioaumentación de *Trichoderma spp.* y *Azotobacter spp.*



Nota. T1= *Trichoderma spp.*; T2= *Azotobacter spp.*; T3= *Trichoderma spp.* + *Azotobacter spp.*; T4= testigo.

La prueba de Tukey al 1% para altura (Figura 7), muestra que existen 3 rangos, en el rango A se encuentra el tratamiento T3 con el mayor valor de largo de brotes que representa un valor de 22.77 cm. En el rango B, se encuentra el T1 y T2 con valores de 18.45 y 16.69 cm, y por último en el rango C se encuentra el T4 con un valor de 9.49 cm. Con esto se demuestra, que el uso de microorganismo influye positivamente en el largo de brotes en árboles de mandarina.

Chamorro (2015), al evaluar la aplicación de *Trichoderma spp.* en tres dosis en la etapa de renovación en un cultivo de mandarina (*Citrus reticulata* blanco) establecida en la zona de

San Rafael, provincia del Carchi; indicó que el mejor resultado respecto a la longitud del brote se obtuvo en la repetición 2 con un valor de 58.2 cm.

Angulo (2016), al realizar la evaluación de *Trichoderma* en el prendimiento y brotamiento de yemas injertadas de naranja valencia (*Citrus sinensis*) sobre mandarina cleopatra (*Citrus reticulata*) en el distrito de Pinto Recodo – Lamas; indicó en sus resultados que el mejor tratamiento fue el T4 con una longitud de brote de 36.83 cm.

Sánchez (2022), al evaluar la caracterización de *Trichoderma aggressivum f. Europaeum* como promotor del crecimiento vegetal y agente de control biológico; determinó que la disminución de este elemento se debe a que el nitrógeno del suelo se puede volatilizar, además que los microorganismos necesitan N para formar otros compuestos como proteínas, enzimas, entre otros, los cuales son vitales para su desarrollo.

Según Nur y Noor (2020), *Azotobacter spp.* y *Trichoderma spp.* actúan en los árboles de mandarina para favorecer el crecimiento de brotes más largos. *Trichoderma spp.*, un hongo beneficioso, coloniza las raíces de los árboles y promueve un sistema radicular más saludable y extenso. Esto mejora la capacidad de las raíces para absorber agua y nutrientes, proporcionando una base sólida para el crecimiento vigoroso de nuevos brotes. Además, *Trichoderma spp.*, libera enzimas que descomponen la materia orgánica en el suelo, liberando nutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio, lo que enriquece el suelo y proporciona una fuente adicional de nutrientes para el desarrollo de los brotes.

Patil et al. (2020), mencionan que *Azotobacter spp.*, es una bacteria fijadora de nitrógeno que convierte el nitrógeno atmosférico en formas asimilables por las plantas. Al fijar el nitrógeno, *Azotobacter spp.*, aumenta la disponibilidad de este nutriente esencial para los árboles de mandarina, estimulando la producción de proteínas y otros compuestos de crecimiento que

contribuyen al desarrollo de brotes más largos y vigorosos. Además, tanto *Trichoderma spp.* como *Azotobacter spp.* pueden sintetizar hormonas vegetales, como auxinas, que influyen en el crecimiento y desarrollo de las plantas. Estas hormonas pueden promover la elongación de los brotes y estimular su crecimiento.

En conjunto, la interacción entre *Azotobacter spp.* y *Trichoderma spp.* beneficia la salud y nutrición de los árboles de mandarina, resultando en un crecimiento más robusto y en brotes más largos. Sin embargo, es importante tener en cuenta que la aplicación adecuada de estos microorganismos beneficiosos, junto con otras prácticas de manejo como la fertilización y el riego, son fundamentales para optimizar el crecimiento y desarrollo de los árboles de mandarina y lograr resultados óptimos en la producción de brotes más largos y saludables.

### 5.2.3 Análisis foliar.

**Tabla 16**

*Análisis de varianza para las propiedades fisicoquímicas del suelo en la evaluación de la bioaumentación de Trichoderma spp. y Azotobacter spp.*

Variable	T1	T2	T3	T4
Nitrógeno (%)	3.15 <sup>B</sup>	3 <sup>B</sup>	3.47 <sup>A</sup>	2.15 <sup>C</sup>
Fósforo (%)	0.16 <sup>B</sup>	0.14 <sup>C</sup>	0.19 <sup>A</sup>	0.10 <sup>D</sup>
Potasio (%)	1.28 <sup>B</sup>	1.12 <sup>C</sup>	1.41 <sup>A</sup>	0.90 <sup>D</sup>
Calcio (%)	2.42 <sup>A</sup>	1.50 <sup>B</sup>	2.46 <sup>A</sup>	1.30 <sup>B</sup>
Magnesio (%)	0.21 <sup>A</sup>	0.17 <sup>B</sup>	0.24 <sup>A</sup>	0.13 <sup>C</sup>

Nota. T1= *Trichoderma spp.*; T2= *Azotobacter spp.*; T3= *Trichoderma spp.* + *Azotobacter spp.*; T4= testigo.

En la Tabla 16, se muestra el análisis foliar en relación al nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio.

Se obtuvo 4 rangos para el contenido de fósforo y potasio, donde, en tratamiento T3 se mantuvo en el rango A para el contenido de estos minerales, considerándose como el mejor, donde, con un valor de 0.19 % para fósforo; 1.41 % para potasio. En cuanto para nitrógeno y magnesio se muestran 3 rangos; en el rango A se encuentran el T3 para nitrógeno con un valor de 3.47 %, para magnesio el rango A se encuentra el T3 y T1 con valores de 0.24 y 0.21 % respectivamente, en cuanto a calcio se muestra 2 rangos donde el rango A se encuentra en T3 y T1 con valores de 2.46 y 2.42 % respectivamente.

Muñoz (2016), al efectuar la evaluación de la eficacia de *Trichoderma sp* y *Pseudomona sp* para biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos; obtuvo como resultado que el nitrógeno (N) disminuyó en todos los tratamientos, pero mayormente en el T1 con 0.53 %.

Jiménez (2020), al efectuar la evaluación de bacterias y hongos potencialmente utilizables para la bio rremediación de suelos contaminados por hidrocarburos; señaló que los valores al final del ensayo muestran que K y Mg disminuyeron en todos los tratamientos, donde para el potasio el mayor resultado se obtuvo en el T1 con 1.71 meq/100g, mientras que para el magnesio el tratamiento con el mayor resultado fue el T1 con 3.71 meq/100g.

Valbuena (2021), al realizar la evaluación de la capacidad biocontroladora de bacterias funcionales, *Trichoderma asperellum* y aceites esenciales de tomillo y orégano sobre fitopatógenos de quinua; determinó que estos el potasio y magnesio se encuentran formando parte de ciertos minerales orgánicos no asimilables para los microorganismos, pero al sufrir transformaciones se separan de diversas formas, pero su forma más asimilable es como iones, por lo que la reducción se debe a que estos elementos (K y Mg) intervienen como cofactores para poder metabolizar y transformar otros elementos inorgánicos (N, P) a sus formas disponibles.

Silva (2018), al evaluar la acción in vitro de *Trichoderma spp.* y *Bacillus spp.* como controladores biológicos conjuntos contra *Fusarium oxysporum* en uvilla (*Physalis peruviana*), ecotipo colombiano, en la sierra norte y centro del Ecuador; determinó que el incremento de calcio en el suelo de los tratamientos posiblemente se debe a la adición de petróleo al suelo o a las reacciones biológicas realizadas por los microorganismos como fijación de nitrógeno o transformación de fósforo no asimilable a disponible, liberando partículas de calcio al medio.

De acuerdo a lo mencionado, la reducción de N en los tratamientos puede ser por los procesos vinculados a la operación microbiana, debido a que en el proceso de degradación el calor es liberado por el metabolismo que presentan los microorganismos, generando una temperatura que influye para que este elemento sea liberado a la atmósfera como amoníaco.

Por otra parte, en caso que la cantidad de fósforo aprovechable no se encuentre disponible para los microorganismos, se da por la poca presencia de hongos y bacterias particulares para la degradación de este elemento, considerando que el P no disponible se transforma a fosfatos que se asimilan y aprovechan por el *Trichoderma spp.* para su metabolismo.

Romero et al. (2016), mencionan que *Trichoderma spp.* y *Azotobacter spp.* actúan sobre los árboles de mandarina para mejorar la disponibilidad de nutrientes en el suelo y promover una mayor absorción de estos por parte de las raíces. *Trichoderma spp.*, como hongo beneficioso, libera enzimas que descomponen la materia orgánica y liberan nutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio en formas más asimilables para las plantas. Esta acción contribuye a enriquecer el suelo y aumentar la disponibilidad de nutrientes esenciales para los árboles de mandarina. Por otro lado, *Azotobacter spp.* es una bacteria fijadora de nitrógeno que convierte el nitrógeno del aire en formas utilizables por las plantas, como el amonio. Al fijar el nitrógeno,

*Azotobacter spp.* provee una fuente adicional de este importante nutriente, lo que beneficia el crecimiento de las hojas y otros órganos de la planta.

Sánchez et al. (2019), mencionan que *Trichoderma spp.* y *Azotobacter spp.* ayudan a mejorar la salud del sistema radicular. *Trichoderma spp.* coloniza las raíces de los árboles, formando una simbiosis beneficiosa que protege las raíces de infecciones patógenas y mejora la absorción de nutrientes y agua. Esto conduce a un crecimiento más vigoroso y saludable de las hojas, ya que la planta puede obtener nutrientes y agua de manera más eficiente.

La asociación entre *Trichoderma spp.* y *Azotobacter spp.* resulta en una mejora en los nutrientes presentes en las hojas de los árboles de mandarina. Estos microorganismos beneficiosos trabajan conjuntamente para incrementar la disponibilidad y absorción de nutrientes en el suelo, mientras fortalecen el desarrollo del sistema radicular. Como consecuencia, los árboles de mandarina experimentan un crecimiento más vigoroso y una producción más saludable, alcanzando niveles óptimos de nutrientes en sus hojas.

## CAPÍTULO VI

### CONCLUSIONES

- En relación al propósito de evaluar el impacto de la aplicación edáfica de *Trichoderma spp.* y *Azotobacter spp.* sobre las propiedades químicas, número y largo de brotes y análisis foliar en el cultivo de mandarina (*Citrus reticulata*), los resultados brindan un panorama alentador, donde, la aplicación de estos microorganismos promueve de manera exitosa la acumulación de nutrientes y materia orgánica en el suelo, si bien es cierto los resultados pueden no ser uniformes en todas las propiedades fisicoquímicas, estos microorganismos de manera conjunta o por separado desempeñan un papel valioso en la acumulación, transporte y absorción de nutrientes del suelo a la planta, contribuyendo así al éxito del cultivo.
- Respecto a las variables estudiadas, como propiedades químicas del suelo, el mejor tratamiento para esta variable fue el T3 (*Trichoderma spp.* + *Azotobacter spp.*), donde los valores obtenidos fueron: nitrógeno 56.4 ppm, fósforo 149.43 ppm, potasio 2.69 meq/100 ml, materia orgánica 4.21%, pH 6.54, frente a los resultados obtenidos en el T4 (Testigo), para nitrógeno 30.5 ppm, fósforo 72 ppm, potasio 0.75 meq/100 ml, materia orgánica 3.34%, pH 6.65.
- En cuanto al número y largo de brotes se obtuvo 45.33 y 22.77 cm, respectivamente; comparados con el T4 (testigo) el número de brotes fue de 19.17 y largo de 9.49 cm.
- Con respecto al análisis foliar los resultados alcanzados fueron para N, 3.47%, 0.19% en P, 1.41% en K, 2.46% en Ca y 0.24% en Mg; comparados con el T4 (testigo) el análisis foliar mostró 2.15% en N, 0.10% en P, 0.90% en K, 1.30% en Ca y 0.13% en Mg.

- Se evidencia una conexión directa entre la inoculación de microorganismos al suelo, el número y largo de nuevos brotes y la absorción de nutrientes en el cultivo de mandarina sometido a podas de renovación, con lo cual se aprecia la bioestimulación del suelo y la respuesta vegetativa, donde se pone de manifiesto la viabilidad y el potencial de esta estrategia agrícola para mejorar la calidad del cultivo.

.

## CAPÍTULO VII

### RECOMENDACIONES

- En la presente investigación se determinó la eficiencia de T3 (*Trichoderma spp.* + *Azotobacter spp.*), en todas las variables en estudio, por lo cual se sugiere el uso de *Trichoderma spp.* y *Azotobacter spp.*, en combinación, para la continuidad de esta investigación en el cultivo de mandarina en las etapas de floración y fructificación.
- Establecer el uso de *Trichoderma spp.* y *Azotobacter spp.*, en combinación en frutales bajo el uso de diferentes tipos de podas a fin de poder evaluar una eficiencia a lo largo del ciclo de producción como la biodisponibilidad de los nutrientes del suelo hacia el cultivo.
- Implementar el uso de más microorganismos benéficos en la productividad de los cultivos como micorrizas, rizobacterias, entre otros, evaluados de manera conjunta con *Trichoderma spp.* y *Azotobacter spp.*, por etapas fenológicas, como a lo largo del cultivo, a fin de potenciar la interacción entre microorganismos, materia orgánica y minerales, como alternativas de manejo del cultivo.

## CAPÍTULO VIII

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aasfar, A., Bargaz, A., Yaakoubi, K., Hilali, A., Bennis, I., Zeroual, Y., & Meftah, I. (2021). Especies de *Azotobacter* fijadoras de nitrógeno como posibles mejoradores biológicos del suelo para la

- nutrición de los cultivos y la estabilidad del rendimiento. *Fronteras en Microbiología*, 12, 1-19.  
<https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.628379>
- Alcívar, P. (2019). Evaluación de las pérdidas del producto en el manejo postcosecha de la mandarina (*Citrus reticulata*) en el sitio Tablada de Sánchez del cantón Chone 2019 [Tesis de Grado, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí].  
<https://repositorio.ulead.edu.ec/bitstream/123456789/2300/1/ULEAM-AGRO-0054.pdf>
- Al-Obeed, R., Ahmed, M., Kassem, H., & Al-Saif, A. (2018). Improvement of “Kinnow” mandarin fruit productivity and quality by urea, boron and zinc foliar spray. *Journal of Plant Nutrition*, 41(5), 609-618. <https://doi.org/10.1080/01904167.2017.1406111>
- Angulo, G. (2016). Evaluación de tres reguladores de crecimiento en el prendimiento y brotamiento de yemas injertadas de naranja valencia (*Citrus sinensis*) sobre mandarina cleopatra (*Citrus reticulata*) en el distrito de Pinto Recodo – Lamas [Tesis de Grado, Universidad Nacional de San Martín].  
[https://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/11458/2246/1/TP\\_AGRO\\_00065\\_2000.pdf](https://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/11458/2246/1/TP_AGRO_00065_2000.pdf)
- Artavia, J. (2019). Efecto de la Poda de Fructificación por Ventanas sobre la Brotación, Floración y Fructificación del Limón Mesina (*Citrus latifolia* Tan.) En Finca Artaca S.A., Heredia, Sarapiquí, Costa Rica [Tesis de Grado, Tecnológico de Costa Rica].  
<https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/11146>
- Bedoya, E., & Julca, A. (2021). Efecto de la materia orgánica en el cultivo de palto variedad Fuerte en Moquegua, Perú. *Idesia*, 39(4), 111-119.
- Borja, A. (2022). Efecto de aplicaciones de nutrientes foliares en el rendimiento y calidad físico—Química de mandarina (*Citrus reticulata*) var. Willow Leaf. [Tesis de Grado, Universidad Central del Ecuador]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/26405/1/FAG-CIA-BORJA%20ANDRES.pdf>
- Caicedo, D. (2021). Evaluación de pérdidas poscosecha en mandarina (*Citrus reticulata*), en el cantón Patate [Tesis de Grado, Universidad Central del Ecuador].  
<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/26144/1/FAG-CIA-CAICEDO%20DANIELA.pdf>

- Cedeño, D., & Sánchez, K. (2022). Efecto de *Trichoderma* spp y biochar en plántulas de cacao (*Theobroma cacao*) [Tesis de Grado, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López]. [https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/1961/1/TIC\\_A22D.pdf](https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/1961/1/TIC_A22D.pdf)
- Chamorro, W. (2015). Evaluación de la aplicación de dos enmiendas orgánicas en tres dosis en la etapa de renovación en un cultivo de mandarina (*Citrus reticulata* blanco) establecida en la zona de San Rafael, provincia del Carchi [Tesis de Grado, Universidad Técnica de Babahoyo]. <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/731/T-UTB-FACIAG-AGR-000135.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Charoenrak, P., & Chamswarnng, C. (2016). Efficacies of wettable pellet and fresh culture of *Trichoderma asperellum* biocontrol products in growth promoting and reducing dirty panicles of rice. *Agriculture and Natural Resources*, 50(4), 243-249. <https://doi.org/10.1016/j.anres.2016.04.001>
- Chiriboga, H., Gómez, G., & Garcés, K. (2015). *Trichoderma* spp. Para el control biológico de enfermedades [Protocolo para formulación y aplicación del bio-insumo]. <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/2647/BVE17038725e.pdf;jsessionid=3FB9B7F18D44384D7EF7B250FFF1496E?sequence=1>
- Companioni, B., Domínguez, G., & García, R. (2019). *Trichoderma*: Su potencial en el desarrollo sostenible de la agricultura. *Biotecnología Vegetal*, 19(4), 237-248.
- Crespo, G. (2020). Factores que influyen en el manejo integrado de nutrientes para la producción agrícola. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 24(3), 19-39.
- Estrada, J. (2020). Efecto de la poda sobre el cultivo de naranja (*Citrus sinensis*) en Ecuador [Tesis de Grado, Universidad Técnica de Babahoyo]. <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/8338/E-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000243.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Fronza, R. (2021). Actualización en el manejo integrado de plagas en mandarina (*Citrus reticulata* Blanco) en el Norte Chico del Perú [Tesis de Grado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4888/fronza-salinas-rodrigo-eduardo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- García, K. (2020). Obtención de biopelículas fúngicas mixtas de *Trichoderma reesei* y *Aspergillus* s p p. Y análisis de expresión génica de celulasas mediante PCR cuantitativa [Tesis de Grado, Universidad Nacional Agraria La Molina].  
<http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/4424/garcia-luquillas-katherine-ruth.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Guanoluisa, M. (2020). Control de las principales Moscas de la Fruta en el Cultivo de Naranja (*Citrus sinensis*) [Tesis de Grado, Universidad Técnica de Babahoyo].  
<http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/7977/E-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000221.pdf?sequence=1>
- Gurjar, S., Rathore, R., Singh, V., Singh, S., Singh, Y., Bhati, B., & Chippa, B. (2018). Effect of Mn and Fe on Yield, Fruit Quality and Economic Feasibility of Mandarin (*Citrus reticulata* Blanco) cv. Kinnow. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.*, 2(2), 2815-2820.
- Haro, N. (2016). Proyecto de factibilidad para la exportación de mandarina a le havre-Francia [Tesis de Grado, Universidad Tecnológica Equinoccial].  
[https://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/8310/1/54973\\_1.pdf](https://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/8310/1/54973_1.pdf)
- Hernández, C. (2022). Impacto del género *Bacillus* en la biorremediación de metales pesados [Tesis de Grado, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla].  
<https://repositorioinstitucional.buap.mx/handle/20.500.12371/17482>
- Hernández, D., Ferrera, R., & 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. <http://dx.doi.org/10.4067/S0719-38902019005000205>
- Herrería, D. (2022). Evaluación del efecto biofertilizante de bacterias de los géneros *Azospirillum* y *Azotobacter* aisladas de suelos cultivados con pasto Ryegrass (*Lolium multiflorum*) [Tesis de Grado, Universidad Técnica del Norte].  
<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/11963/2/03%20BIO%20029%20TRABAJO%20GRADO.pdf>

- Huamán, N., Allcca, E., Allcca, G., & Quispe, M. (2021). Biopolímeros producidos por *Azotobacter*: Síntesis y producción, propiedades físico-mecánicas, y potenciales aplicaciones industriales. *Scientia Agropecuaria*, 12(3), 369-377. <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2021.040>
- INIAP. (2014). *Venta de semillas y plantas*. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. <https://www.iniap.gob.ec/venta-de-semillas-y-plantas/>
- Jiménez, V. (2020). Evaluación de bacterias y hongos potencialmente utilizables para la bio rremediación de suelos contaminados por hidrocarburos [Tesis de Grado, Universidad Agraria del Ecuador]. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/JIMENEZ%20VELEZ%20VILMA%20CECIBEL.pdf>
- Juárez, L., Martínez, G., Reyes, J., Aguilar, F., Sandoval, L., & Balderas, J. (2020). Evaluación del crecimiento de trichoderma spp en presencia de arsénico. *Revista Internacional de Desarrollo Regional Sustentable*, 5(1), 90-102.
- Kamei, D., Meitei, W., & Devi, O. (2019). Effect of foliar application of micronutrients on physical parameters of fruit and quality of mandarin orange (*Citrus reticulata* Blanco.) cv. Tamenglong Mandarin. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 8(1), 583-586.
- Liao, L., Dong, T., Qiu, X., Rong, Y., Wang, Z., & Zhu, J. (2019). Nitrogen nutrition is a key modulator of the sugar and organic acid content in citrus fruit. *PloS one*, 14(10), e0223356. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0223356>
- Luna, M., & Mesa, J. (2016). Microorganismos ecientes y sus benecios para los agricultores. *Científica Agroecosistemas*, 4(2), 31-40.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. (2016). La política agropecuaria ecuatoriana: Hacia el desarrollo territorial rural sostenible: 2015-2025. <http://www2.competencias.gob.ec/wp-content/uploads/2021/03/01-06PPP2015-POLITICA01.pdf>
- Miranda, D., Figueroa, J., Orduz, J., Caicedo, Á., Pérez, C., Parada, F., Rodríguez, R., & Arias, E. (2020). Mandarina (*Citrus reticulata* Blanco). Manual de recomendaciones técnicas para su cultivo en el departamento de Cundinamarca (2da ed.). Corredor Tecnológico Agroindustrial. [http://investigacion.bogota.unal.edu.co/fileadmin/recursos/direcciones/investigacion\\_bogota/Manuales/16-manual-mandarina-2020-EBOOK.pdf](http://investigacion.bogota.unal.edu.co/fileadmin/recursos/direcciones/investigacion_bogota/Manuales/16-manual-mandarina-2020-EBOOK.pdf)

- Mora, A. (2022). Producción y comercialización de mandarina (*Citrus reticulata*) en la provincia de Imbabura año 2019 [Tesis de Grado, Universidad Técnica del Norte].  
<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/12590/2/03%20AGN%20089%20TRABAJO%20GRADO.pdf>
- Muñoz, S. (2016). Evaluación de la eficacia de *Trichoderma* sp y *Pseudomona* sp para biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos [Tesis de Grado, Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/13228/1/UPS-QT10474.pdf>
- Noboa, L. (2018). Evaluación de *Trichoderma* spp. En el rendimiento y calidad del fruto de mora de castilla (*Rubus glucus* Benth) en dos ambientes de Nono [Tesis de Grado, Universidad de las Américas].  
<https://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/9302/1/UDLA-EC-TIAG-2018-19.pdf>
- Noriega, V. (2021). Manejo agronómico para la producción Mandarina bajo condiciones de Sayán [Tesis de Grado, Universidad Nacional Agraria La Molina].  
<https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4982/noriega-alayo-valeria-alfonsina.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Nucamendi, I. (2022). Efecto de *Trichoderma*spp. Y *Bacillus*spp. Sobre el enraizamiento y crecimiento de brotes en esquejes de caña de azúcar [Tesis de Grado, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas].  
<https://repositorio.unicach.mx/handle/20.500.12753/4625>
- Nur, Z., & Noor, B. (2020). Funciones biológicas de *Trichoderma* spp. Para aplicaciones agrícolas. *Anales de Ciencias Agrícolas*, 65(2), 168-178.
- Obreza, T., Zekri, M., & Futch, S. (2020). Chapter 3. General Soil Fertility and Citrus Tree Nutrition. En *Nutrition of Florida Citrus Trees*. University of Florida. [https://swfrec.ifas.ufl.edu/docs/pdf/soil-water/EDIS\\_SL253\\_Nutrition\\_FL\\_Citrus\\_Trees.pdf](https://swfrec.ifas.ufl.edu/docs/pdf/soil-water/EDIS_SL253_Nutrition_FL_Citrus_Trees.pdf)
- Padrón, J., & Rocha, M. (2017). La Poda de los Cítricos (1era ed.). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. <https://www.compucampo.com/tecnicos/podacitricos.pdf>
- Patil, S., Mohite, B., Patil, C., Koli, S., Borase, H., & Patil, V. (2020). Azotobacter. En *Microbios beneficiosos en agroecología* (1era ed., pp. 397-426). Elsevier B.V. Massachusetts.

<https://www.sciencedirect.com/book/9780128234143/beneficial-microbes-in-agro-ecology#book-description>

Peña, E., & Pavone, D. (2020). Efecto de *Trichoderma* spp. Sobre el desarrollo de plántulas de *Capsicum annuum* L. (pimentón) y el biocontrol del hongo fitopatógeno *Sclerotium* sp. En *Agrobiología: Una visión general y sus aplicaciones*. Mérida Publisher.

<https://meridapublishers.com/11agrobiologia/capitulo3.html>

Pineda, J., Benavides, E., Duarte, A., Burgos, C., Soto, C., Pineda, C., Fierro, F., Mora, E., & Álvarez, S. (2017). Producción de biopreparados de *Trichoderma* spp: Una revisión. *ICIDCA*, 51(1), 47-52.

Pino, S., Bobo, S., Marín, R., & Huertas, M. (2015). *UF0011—Poda e injerto de frutales*. S.I. (5ta ed.). Editorial Elearning, S.L.

[https://www.editorialelearning.com/catalogo/media/iverve/uploadpdf/1526035970\\_UF0011\\_demo.pdf](https://www.editorialelearning.com/catalogo/media/iverve/uploadpdf/1526035970_UF0011_demo.pdf)

Puscaselu, R., Lobiuc, A., Dimian, M., & Covasa, M. (2020). Alginato: De la industria alimentaria a las aplicaciones biomédicas y al tratamiento de los trastornos metabólicos. *Polímeros*, 12(10), 1-30.

<https://doi.org/10.3390/polym12102417>

Quaggio, J., Souza, T., Zambrosi, C., Mattos, D., Boaretto, R., & Silva, G. (2019). Citrus fruit yield response to nitrogen and potassium fertilization depends on nutrient-water management system. *Scientia Horticulturae*, 249, 329-333. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.02.001>

Quintanilla, A. (2022). *Trichoderma* como biofertilizante en el cultivo de plátano (*Musa x paradisiaca*) [Tesis de Grado, Universidad Técnica de Babahoyo].

<http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/13167/E-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000439.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Quispe, F. (2021). Biofertilización de los Hongos Micorrízicos y Bacterias PGPR en plántulas de café (*Coffea arabica* L.) Var. Catimor a nivel de vivero, en Mazamari – Satipo [Tesis de Grado, Universidad Nacional del Centro del Perú].

[https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/7262/T010\\_48465644\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/7262/T010_48465644_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- Ramón, H., & Morán, I. (2020). Trichoderma: Hongo fungicida usado en tratamientos foliares del suelo y el control de diversas enfermedades producidas por hongos. *Caribeña de Ciencias Sociales*.  
<https://www.eumed.net/rev/caribe/2020/04/trichoderma-hongo-fungicida.html>
- Reig, C., Mesejo, C., & Agusti, M. (2020). *Citricultura* (3era ed.). Editorial Paraninfo.
- Rodríguez, G. (2022). Efecto de diferentes dosis de trichoderma harzianum en el control de botrytis cinerea en mandarina satsuma en Irrigación Santa Rosa [Tesis de Grado, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión].  
<https://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14067/6585/TESIS%20RODRIGUEZ%20ORIOS%20GIAN%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rodríguez, J., Ríos, Y., & Baró, Y. (2016). Efectividad de cepas de Azotobacter sp. Y Bacillus sp. Para el control de especies fúngicas asociadas a hortalizas. *Cultivos Tropicales*, 37, 13-19.  
<http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.1.1385.9443>
- Rokaya, P., Baral, D., Gautam, D., Shrestha, A., & Paudyal, K. (2019). Effects of foliar application of urea and micronutrients on yield and fruit quality of mandarin (*Citrus reticulata* blanco). *Journal of Agriculture and Forestry University*, 3, 63-68.
- Romero, T., López, P., Ramírez, M., & Cuervo, J. (2016). Modelado cinético del micoparasitismo por Trichoderma harzianum contra Cladosporium cladosporioides aislado de frutos de cacao (Theobroma cacao). *Chilean Journal of Agricultural and Animal Science, ex Agro-Ciencia*, 32(1), 32-45.
- Ruchala, O., Pandeya, S., Regmia, R., Regmib, R., & Magratic, B. (2020). Effect of foliar application of micronutrient (zinc and boron) in flowering and fruit setting of mandarin (*Citrus reticulata* blanco) in dailekh, nepal. *Malaysian Journal of Sustainable Agriculture*, 4(2), 94-98.  
<https://doi.org/10.26480/mjsa.02.2020.94.98>
- Rueda, D., Valencia, G., Soria, N., Rueda, B., Manjunatha, B., Kundapur, R., & Selvanayagam, M. (2016). Efecto de Azospirillum spp. Y Azotobacter spp. Sobre el crecimiento y rendimiento de fresa (*Fragaria vesca*) en sistema hidropónico bajo diferentes niveles de nitrógeno. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 6(1), 48-54. <http://dx.doi.org/10.7324/JAPS.2016.600108>

- Salazar, D. (2017). Producción de sideróforos por cepas de *Azotobacter* spp aisladas de suelos de cultivos hortícolas del Altiplano Cundiboyacense [Tesis de Grado, Pontificia Universidad Javeriana].  
<https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/57907/Trabajo%20de%20grado%20Final%20Diego%20Salazar%2030%20noviembre%202017%207%2000%20pm.pdf?sequence=1>
- Saleh, H., Kabli, S., AlGarni, S., AlGhamdi, M., AbdelAty, A., & Mohamed, S. (2018). Fermentación en estado sólido por *Trichoderma viride* para mejorar el contenido fenólico, las actividades antioxidantes y antimicrobianas en el jengibre. *Letters in Applied Microbiology*, 67(2), 161-167.  
<https://doi.org/10.1111/lam.13003>
- Sánchez, B. (2022). Caracterización de *Trichoderma aggressivum* f. *Europaeum* como promotor del crecimiento vegetal y agente de control biológico [Tesis Doctoral, Universidad de Almería].  
<http://repositorio.ual.es/bitstream/handle/10835/13551/01.%20Tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sánchez, D., Pérez, J., Luna, L., García, J., & Espitia, A. (2019). *Azotobacter chroococcum* y *Azospirillum lipoferum* como bioestimulantes en cultivo de *Ipomoea batatas* Lam. *Agronomía Mesoamericana*, 30(2), 563-576. <https://doi.org/10.15517/am.v30i2.33896>
- Silva, A. (2018). Acción in vitro de *Trichoderma* spp. Y *Bacillus* spp. Como controladores biológicos conjuntos contra *Fusarium oxysporum* en uvilla (*Physalis peruviana*), ecotipo colombiano, en la sierra norte y centro del Ecuador [Tesis de Grado, Pontificia Universidad Católica del Ecuador].  
<http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/14680/Disertaci%20Final%20-%20Alexander%20Silva%20segunda%20correcci%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Suárez, G. (2015). Extracción de nutrientes por cosecha del cultivo de naranja (*Citrus sinensis*) variedad valencia en condiciones del valle del Cauca [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia].  
<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/9656/Germ%20A1n%20Suarez%20Garc%20C3%ADa%20corregido.pdf>
- Sumbul, A., Ansari, R., Rizvi, R., & Mahmood, I. (2020). *Azotobacter*: Un biofertilizante potencial para el manejo de la salud del suelo y las plantas. *Revista Saudita de Ciencias Biológicas*, 27(12), 3634-3640. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2020.08.004>

- Tanya, M., & Leiva, M. (2019). Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. *Centro Agrícola*, 46(2), 93-103.
- Tapullima, J. (2021). Capacidad de remediación de suelos contaminados con metales con maíz var. Chingasino (*Zea Mays L.*) asistido por bacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR) [Tesis de Grado, Universidad Científica del Sur].  
<https://repositorio.cientifica.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12805/2191/TL-Tapullima%20J-Ext.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Valbuena, J. (2021). Evaluación de la capacidad biocontroladora de bacterias funcionales, *Trichoderma asperellum* y aceites esenciales de tomillo y orégano sobre fitopatógenos de quinua [Tesis de Maestría, Universidad de Boyacá].  
[https://repositorio.uniboyaca.edu.co/bitstream/handle/uniboyaca/560/documento\\_JeimyLorenaValbuenaRodr%C3%ADguez%20%281%29-1-97.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.uniboyaca.edu.co/bitstream/handle/uniboyaca/560/documento_JeimyLorenaValbuenaRodr%C3%ADguez%20%281%29-1-97.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Vallejos, H. (2019). Evaluación de la cadena de comercialización de mandarina en las comunidades de la subcuenca del río Chota [Tesis de Maestría, Universidad Técnica del Norte].  
<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/9250/2/PG%20731%20TESIS.pdf>
- Vásquez, E. (2019). Efecto de *Trichoderma* en el control de botrytis en el cultivo de rosa (*Rosa sp.*), Cantón Espejo, Provincia del Carchi 2019 [Tesis de Grado, Universidad Técnica de Babahoyo].  
<http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/6426/E-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000210.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Viera, W., Rodríguez, Y., Zemanate, K., Salgado, N., Orrego, C., & Rodríguez, J. (2021). Productividad y Competitividad Frutícola Andina: Producto 8. Informe técnico sobre prácticas. FONTAGRO.  
[https://www.fontagro.org/new/uploads/productos/16111\\_-\\_Producto\\_8.pdf](https://www.fontagro.org/new/uploads/productos/16111_-_Producto_8.pdf)
- Waghunde, R., Shelake, R., & Sabalpara, A. (2016). *Trichoderma*: Un hongo importante para la agricultura y el medio ambiente. *Revista Africana de Investigación Agrícola*, 11(22), 1952-1965.
- Yépez, C. (2018). Evaluación del *Trichoderma spp.*, como acondicionador de suelos cultivado con maíz (*Zea mays L.*), en la zona de Portoviejo [Tesis de Grado, Universidad Técnica de Babahoyo].

<http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/5036/TE-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000119.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Yfran, M., Chabbal, M., Píccoli, A., Giménez, L., Rodríguez, V., & Martínez, G. (2019). Fertilización foliar con potasio, calcio y boro. Incidencia sobre la nutrición y calidad de frutos en mandarina Nova. *Revista de la Universidad Nacional de Cuyo*, 38(4), 22-29.
- Yoneyama, F., Yamamoto, M., Hashimoto, W., & Murata, K. (2015). Producción de polihidroxitirato y alginato a partir de glicerol por *Azotobacter vinelandii* en condiciones libres de nitrógeno. *Bioingeniería*, 6(4), 209-217. <https://doi.org/10.1080/21655979.2015.1040209>
- Zambrano, P. (2019). Evaluación del Estándar de Calidad en el manejo postcosecha de la mandarina (*Citrus reticulata*) en el sitio río grande del cantón Chone en el año 2019 [Tesis de Grado, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí]. <https://repositorio.uleam.edu.ec/bitstream/123456789/2306/1/ULEAM-AGRO-0060.pdf>
- Zapata, S., Quiroga, M., Murillo, B., Agüero, D., Lisi, B., & Mena, P. (2018). *Trichoderma* spp biocontrolador y promotor de crecimiento: Una alternativa al uso de agroquímicos en cultivos intensivos. *Avances en Energía Renovable y Medio Ambiente*, 16, 15-19.
- Zhao, C., Xie, H., Mu, Y., Xu, X., Zhang, J., Liu, C., Liang, S., Ngo, H., Guo, W., Xu, J., & Wang, Q. (2014). Bioremediation of endosulfan in laboratory-scale constructed wetlands: Effect of bioaugmentation and biostimulation. *Environmental science and pollution research*, 21(22), 27-35. <https://doi.org/10.1007/s11356-014-3107-1>

## ANEXOS

### Anexo 1

#### *Poda de renovación*



### Anexo 2

#### *Lote de mandarinas con poda de renovación*



### Anexo 3

*Lote experimental de mandarinas hecha la poda de renovación*



### Anexo 4

*Fertilización*



## **Anexo 5**

### *Formación de corona de árboles de mandarina*



## **Anexo 6**

### *Instalación de sistema de riego*



## **Anexo 7**

### *Preparación de producto para inoculación*



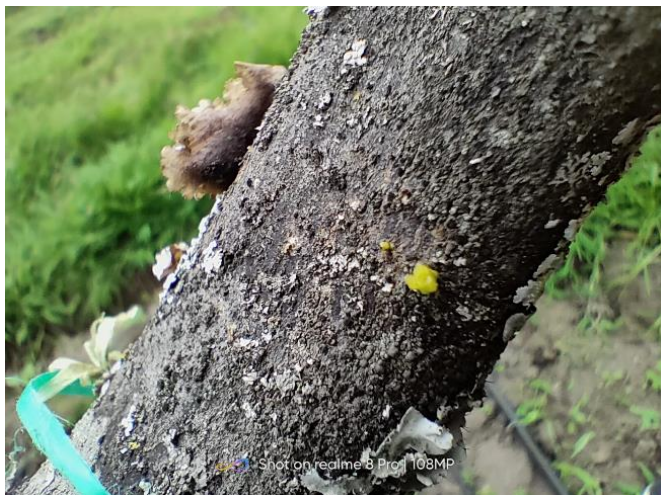
## **Anexo 8**

### *Inoculación de microorganismos*



## **Anexo 9**

### *Aparición de nuevos brotes*



## **Anexo 10**

*Crecimiento de los nuevos brotes*



## **Anexo 11**

*Conteo y medición de brotes*



## Anexo 12

### *Raleo de brotes*

