

UNIVERSIDAD NACIONAL

“SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO”

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



**“EFECTO DE DOS HONGOS ANTAGONISTAS COMO PROMOTOR DE
CRECIMIENTO VEGETAL EN LA PROPAGACIÓN BOTÁNICA DE
PALTO RAZA MEXICANA (*Persea americana* var. *drymifolia*), EN EL
CEINTEC, DISTRITO Y PROVINCIA DE HUARAZ, ANCASH -2019”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE

INGENIERO AGRÓNOMO

Presentado por el Bachiller:

RODRIGUEZ CELMI Angel Roberto

Asesor

Dr. VÁSQUEZ CRUZ Walter Juan

HUARAZ - PERU

2020



**FORMATO DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE TESIS Y TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN,
PARA OPTAR GRADOS ACADÉMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES EN EL
REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL - UNASAM**

Conforme al Reglamento del Repositorio Nacional de Trabajos de Investigación – RENATI.
Resolución del Consejo Directivo de SUNEDU N° 033-2016-SUNEDU/CD

1. Datos del Autor:

Apellidos y Nombres: RODRIGUEZ CELMI Angel Roberto

Código de alumno: 132.0103.265

Teléfono: 917867843

Correo electrónico: angelrodriguezcelmi@gmail.com DNI o Extranjería: 76408584

2. Modalidad de trabajo de investigación:

Trabajo de investigación

Trabajo académico

Trabajo de suficiencia profesional

Tesis

3. Título profesional o grado académico:

Bachiller

Título

Segunda especialidad

Licenciado

Magister

Doctor

4. Título del trabajo de investigación:

“EFECTO DE DOS HONGOS ANTAGONISTAS COMO PROMOTOR DE CRECIMIENTO VEGETAL EN LA PROPAGACION BOTANICA DE PALTO RAZA MEXICANA (*Persea americana* var. *drymifolia*), EN EL CEINTEC, DISTRITO Y PROVINCIA DE HUARAZ, ANCASH 2019”

5. Facultad de: Ciencias Agrarias

6. Escuela, Carrera o Programa: Agronomía

7. Asesor:

Apellidos y Nombres: VASQUEZ CRUZ Walter Juan Teléfono: 943860047

Correo electrónico: vasquezcruz@hotmail.com

DNI o Extranjería: 31663683

A través de este medio autorizo a la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, publicar el trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Institucional Digital, Repositorio Nacional Digital de Acceso Libre (ALICIA) y el Registro Nacional de Trabajos de Investigación (RENATI).

Asimismo, por la presente dejo constancia que los documentos entregados a la UNASAM, versión impresa y digital, son las versiones finales del trabajo sustentado y aprobado por el jurado y son de autoría del suscrito en estricto respeto de la legislación en materia de propiedad intelectual.

Firma:

Ju. Vasquez

D.N.I.: 76408584

FECHA: 22 / 10 / 2020



UNIVERSIDAD NACIONAL
SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO

"Una Nueva Universidad para el Desarrollo"

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

CIUDAD UNIVERSITARIA DE SHANCAYÁN TELEFAX 043 426 588 - HUARAZ - ANCASH - PERÚ



ACTA DE SUSTENTACIÓN VIRTUAL DE TESIS

Los miembros del Jurado de Tesis que suscriben, se reunieron a través de la plataforma virtual Microsoft Teams, para escuchar y evaluar la Sustentación de la Tesis presentada por el Bachiller en Ciencias Agronomía **ANGEL ROBERTO RODRIGUEZ CELMI**, denominada: "EFECTO DE DOS HONGOS ANTAGONISTAS COMO PROMOTOR DE CRECIMIENTO VEGETAL EN LA PROPAGACION BOTANICA DE PALTO RAZA MEXICANA (Persea americana var. drymifolia), EN EL CEINTEC, DISTRITO Y PROVINCIA DE HUARAZ, ANCASH 2019", , patrocinado por el Dr. WALTER JUAN VASQUEZ CRUZ, escuchada la sustentación, de manera virtual y las respuestas a las preguntas y observaciones formuladas, la declaramos:

APROBADO CON DISTINCIÓN

CALIFICATIVO (*)

DIECIOCHO (18)

En consecuencia, queda en condición de ser calificado **APTO** por el Consejo de Facultad de Ciencias Agrarias y por el Consejo Universitario de la Universidad Nacional "Santiago Antúnez de Mayolo" y recibir el Título Profesional de **INGENIERO AGRONOMO**, de conformidad con la Ley Universitaria y el Estatuto de la Universidad.

Huaraz, 05 de Octubre de 2020.

DR. ALEJANDRO ZOROBABEL TOSCANO
PRESIDENTE

MSC. NELLY PILAR CAYCHO MEDRANO
SECRETARIO

Ing. CLAY EUSTERIO PAJUELO ROLDAN
VOCAL

Dr. WALTER JUAN VASQUEZ CRUZ
PATROCINADOR

(*) De acuerdo con el Reglamento de Tesis, éstas deben ser calificadas con términos de: APROBADO CON EXCELENCIA (19-20), APROBADO CON DISTINCIÓN (17-18), APROBADO (14-16), DESAPROBADO (00-13).





UNIVERSIDAD NACIONAL
SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO

"Una Nueva Universidad para el Desarrollo"

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

CIUDAD UNIVERSITARIA DE SHANCAYÁN TELEFAX 043 426 588 - HUARAZ - ANCASH - PERÚ



ACTA DE CONFORMIDAD VIRTUAL DE TESIS

Los miembros del jurado, luego de evaluar el trabajo final de investigación de la Tesis denominada: ***"EFECTO DE DOS HONGOS ANTAGONISTAS COMO PROMOTOR DE CRECIMIENTO VEGETAL EN LA PROPAGACION BOTANICA DE PALTO RAZA MEXICANA (Persea americana var. drymifolia), EN EL CEINTEC, DISTRITO Y PROVINCIA DE HUARAZ, ANCASH 2019"***, presentada por el Bachiller en Ciencias Agronomía **ANGEL ROBERTO RODRIGUEZ CELMI** y sustentada vía la plataforma virtual Microsoft Teams el día 05 de octubre del 2020, respaldada mediante **Resolución Decanatural N° 249-2020-UNASAM-FCA**, la declaramos **CONFORME**.

Huaraz, 05 de octubre de 2020

DR. ALEJANDRO ZOROBABEL TOSCANO
PRESIDENTE

MSC. NELLY PILAR CAYCHO MEDRANO
SECRETARIO

Ing. CLAY EUSTERIO PAJUELO ROLDAN
VOCAL

Dr. WALTER JUAN VASQUEZ CRUZ
PATROCINADOR

DEDICATORIA

A Dios por darme la vida, la sabiduría y fortaleza para concluir este proyecto de investigación.

Especialmente a mis padres y a toda mi familia, por creer en mí y por todo su apoyo incondicional en mi formación profesional a lo largo de estos años.

AGRADECIMIENTO

A mi ALMA MATER, la Universidad Nacional “Santiago Antúnez de Mayolo”, a la ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA de la FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS, a todos los catedráticos quienes fueron el pilar fundamental en mi formación académica.

De manera especial a mi asesor Dr. Walter Juan VÁSQUEZ CRUZ por darme la oportunidad y su apoyo incondicional para la ejecución del proyecto de investigación.

A los miembros del jurado, por el apoyo brindado en la ejecución y elaboración de la presente investigación.

Mi más sincera gratitud al Ing. Neptalí Díaz León, por todo el apoyo y contribución durante todo el proceso de la investigación.

LISTA DE CONTENIDOS

PORTADA.....	I
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS	II
ACTA DE CONFORMIDAD DE TESIS.....	III
DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTO	V
LISTA DE CONTENIDOS	VI
ÍNDICE.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS	XII
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	XIV
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XV
RESUMEN	XVI
ABSTRACT.....	XVII

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN	1
1.1.	OBJETIVOS.....	2
1.1.1.	Objetivo general	2
1.1.2.	Objetivos específicos	2
1.2.	JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	2
1.3.	HIPÓTESIS	3
1.4.	VARIABLES	3
II.	MARCO TEÓRICO.....	4
2.1.	ANTECEDENTES	4
2.2.	BASES TEÓRICAS	5
2.2.1.	Generalidades del cultivo	5
2.2.1.1.	Origen y distribución geográfica	5
2.2.1.2.	Clasificación taxonómica.....	6
2.2.1.3.	Características botánicas	7
2.2.1.4.	Requerimientos edafoclimáticos	8
2.2.1.5.	Plagas y enfermedades	8
2.2.2.	Producción de plantas de palto	10
2.2.2.1.	Producción de palto en el Perú.....	10
	Producción de palto en la región Ancash.....	10

2.2.2.2.Proceso de propagación	11
2.2.2.2.1.Selección de patrones	12
2.2.2.2.1.1.Razas de patrones de palto.....	13
2.2.2.2.2.Manejo de semillas.....	15
2.2.2.2.3.Desinfección y tratamiento para mejorar la germinación de semillas	16
2.2.2.2.4.Siembra.....	16
2.2.2.2.5.Preparación del sustrato	17
2.2.2.2.6.Trasplante o repique	18
2.2.2.2.7.Crecimiento del portainjerto o patrón	19
2.2.2.2.8.Labores complementarias.....	19
2.2.3.Hongos antagonistas	20
2.2.3.1.Características generales de Trichoderma spp.....	20
2.2.3.2.Modo de acción.....	21
2.2.3.3.Mecanismos de acción	22
2.2.3.3.1.Micoparasitismo	22
2.2.3.3.2.Competencia.....	22
2.2.3.3.3.Antibiosis	23
2.2.3.3.4.Estimulación de crecimiento vegetal.....	23
2.2.3.3.5.Otros mecanismos	25
2.2.3.4.Especies de hongos antagonistas en estudio	25

2.2.3.4.1.	<i>Trichoderma viride</i>	26
2.2.3.4.2.	<i>Trichoderma harzianum</i>	26
2.2.3.5.	Limitaciones con el uso de Trichoderma en la agricultura.....	27
2.2.3.6.	Uso de fertilizantes sintéticos y hongos antagonistas en la agricultura.....	27
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	31
3.1.	UBICACIÓN.....	31
3.2.	MATERIALES.....	31
3.3.	MÉTODOS.....	33
3.3.1.	Tipo de investigación.....	33
3.3.2.	Diseño de la investigación experimental.....	33
3.3.2.1.	Tratamientos.....	33
3.3.2.2.	Randomización.....	34
3.3.2.3.	Campo experimental.....	34
3.3.2.4.	Características del campo experimental.....	35
3.3.3.	Población.....	35
3.3.4.	Muestra y unidad de análisis.....	35
3.3.5.	Diseño estadístico.....	35
3.3.6.	Procesamiento de datos.....	37
3.3.7.	Evaluaciones.....	37

3.4.PROCEDIMIENTOS	38
3.4.1.Obtención de semillas.....	38
3.4.2.Desinfección de semillas	38
3.4.3.Fase de germinación	38
3.4.4.Desinfección de sustrato.....	39
3.4.5.Embolsado de sustrato	39
3.4.6.Trasplante	39
3.4.7.Riego.....	39
3.4.8.Fertilización	39
3.4.9.Aplicación de los hongos antagonistas.....	40
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	41
4.1.RESULTADOS Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	41
4.1.1.Altura de plantas.....	41
4.1.2.Peso radicular y materia verde.....	44
4.1.3.Área foliar.....	47
4.1.4.Materia seca	48
4.2.DISCUSIONES.....	50
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	52
5.1.CONCLUSIONES	52
5.2.RECOMENDACIONES	53

VI.	BIBLIOGRAFÍA	54
VII.	ANEXO.....	62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tratamientos en estudio.....	33
Tabla 2: Aleatorización de los tratamientos.....	34
Tabla 3: Croquis del campo experimental	34
Tabla 4: Análisis de varianza para un diseño de bloque completo al azar	36
Tabla 5: Altura de plantas 3 meses después del repique (cm)	41
Tabla 6: Prueba de comparación de medias de Duncan ($\alpha=5\%$), para altura de plantas 3 meses después del repique	41
Tabla 7: Altura de plantas 6 meses después del repique (cm)	42
Tabla 8: Prueba de comparación de medias de Duncan ($\alpha=5\%$), para altura de plantas 6 meses después del repique	43
Tabla 9: Peso radicular fresco (g)	44
Tabla 10: Prueba de comparación de medias de Duncan ($\alpha=5\%$), para el peso radicular fresco .	44
Tabla 11: Materia verde (g)	45
Tabla 12: Prueba de comparación de medias de Duncan ($\alpha=5\%$), para la materia verde	46
Tabla 13: Área foliar (cm ²)	47
Tabla 14: Prueba de comparación de medias de Duncan ($\alpha=5\%$), para el área foliar	47
Tabla 15: Materia seca (%).....	48
Tabla 16: Prueba de comparación de medias de Duncan ($\alpha=5\%$), para el contenido de materia seca	49
Tabla 17: Costo de producción en la propagación de palto para condiciones del experimento ...	62
Tabla 18: Primera evaluación de altura de planta.....	63
Tabla 19: Segunda evaluación de altura de planta.....	63

Tabla 20: Evaluación de peso radicular fresco	63
Tabla 21: Evaluación de materia verde.....	64
Tabla 22: Evaluación para área foliar	64
Tabla 23: Evaluación para materia seca.....	65

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Promedio de altura de plantas (cm) 3 meses después del repique.	42
Gráfico 2. Promedio de altura de plantas (cm) 6 meses después del repique.	43
Gráfico 3. Promedio del peso radicular fresco (g).	45
Gráfico 4. Promedio de materia verde (g).	46
Gráfico 5. Promedio de área foliar (cm ²).	48
Gráfico 6. Promedio de materia seca (%).	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Siembra en la cama de germinación.....	65
Figura 2. Repique de plántulas.....	66
Figura 3. Crecimiento de plántulas (1 mes ddr).....	66
Figura 4. Hongos antagonistas.....	67
Figura 5. Preparación de hongos antagonistas.....	67
Figura 6. Fertilización.....	68
Figura 7. Secado de muestras.....	68
Figura 8. Discos foliares (medición de área foliar).....	69
Figura 9. Visita del asesor al campo experimental.....	69
Figura 10. Visita de los jurados.....	70
Figura 11. Comparación entre tratamientos (T3, T2, T1 y T0).....	71

RESUMEN

La investigación se desarrolló en el Centro de Innovación y Transferencia Tecnológica Hortofrutícola “Sarita Colonia” – Huaraz, a 3130 m.s.n.m., con el objetivo de evaluar los efectos de hongos antagonistas como promotores de crecimiento vegetal en el proceso de propagación botánica del palto, raza mexicana (*Persea americana* var. *drymifolia*) frente al proceso convencional con el uso de fertilizantes sintéticos, también se evaluó los efectos que tienen al combinar los hongos antagonistas y los fertilizantes sintéticos en busca de aprovechar de manera más eficiente los nutrientes del sustrato.

Se utilizó el diseño de Bloque Completo al Azar con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones (T0 = testigo, T1 = *T. viride* + *T. harzianum*, T2 = NPK y T3 = *T. viride* + *T. harzianum* + NPK), se evaluaron parámetros como: altura de plantas, peso radicular fresco, materia verde, área foliar y materia seca. Para evaluar el nivel de significancia se realizó el análisis de varianza y para comparar el promedio de los resultados la prueba de Duncan (5%).

Según los resultados obtenidos, el tratamiento que expresó los valores más altos en la mayoría de los parámetros evaluados como altura de planta, área foliar y otros, fue el T3. El T2 mostró niveles intermedios frente al T0, el cual expresó los niveles más bajos en todos los parámetros.

Palabras clave: palto, propagación, hongos antagonistas, fertilizantes sintéticos.

ABSTRACT

The research was developed at the Horticultural Innovation and Technology Transfer Center "Sarita Colonia" - Huaraz, at 3130 m.a.s.l, with the objective of evaluating the effects of antagonist fungi as plant growth promoters in the process of botanical propagation of avocado, Mexican race (*Persea americana* var. *drymifolia*) against the conventional process with the use of synthetic fertilizers. It was also evaluated the effects of combining antagonist fungi and synthetic fertilizers in search of a more efficient use of the nutrients of the substrate.

The design of Complete Randomized Block was used with four treatments and four repetitions (T0 = control, T1 = *T. viride* + *T. harzianum*, T2 = NPK and T3 = *T. viride* + *T. harzianum* + NPK), parameters such as: plant height, fresh root weight, green matter, leaf area and dry matter were evaluated. To evaluate the level of significance the analysis of variance was made and to compare the average of the results the Duncan test (5%) was used.

According to the results obtained, the treatment that expressed the highest values in most of the parameters evaluated such as plant height, leaf area and others, was T3. The T2 showed intermediate levels compared to the T0, which expressed the lowest levels in all parameters.

Keywords: avocado, propagation, antagonistic fungi, synthetic fertilizers.

I. INTRODUCCIÓN

El cultivo del palto en Perú se ha incrementado considerablemente en los últimos años debido a la gran demanda internacional, en el Callejón de Huaylas no es la excepción ya que hay un crecimiento progresivo en las áreas de producción de este cultivo. Por lo tanto, hay una mayor demanda de plantas de palto en la zona, por ello es necesario buscar mecanismos de producción que permitan a las plantas mayor aprovechamiento de los nutrientes del suelo y las cuales no afecten ni alteren el medio ambiente (SENASA, 2018).

La agricultura convencional desarrollada en décadas recientes se caracteriza por el uso intensivo de fertilizantes, para aumentar la producción agrícola. Esto degrada los suelos y altera sus propiedades físicas, químicas y biológicas, porque la mayoría son altamente tóxicos, alteran las comunidades microbianas y contaminan el suelo y el agua superficial y subterránea (Molez, Sanabria, Altuna & Alcano, 2011). Una alternativa para mitigar el impacto negativo en el proceso de propagación convencional de plantas de palto, es el uso de microorganismos como los hongos antagonistas, dentro de las cuales resalta el género *Trichoderma*, que son ampliamente reportadas como promotores del crecimiento de las plantas, expresadas comúnmente con el aumento de la biomasa de raíces y/o brotes de la planta.

Entre los beneficios agrícolas de este hongo se puede mencionar que es un microorganismo estimulador de crecimiento, otorga protección a semillas, suelo y cultivo (FAO, 2008). Además, puede ser considerado como una fuente de ahorro de fertilizantes ya que ayuda a degradar la materia orgánica volviéndola más disponible a la planta (Espín, 2012).

El efecto de *Trichoderma* sobre el crecimiento y la productividad de las plantas se han estudiado en una gran cantidad de especies de plantas. Sin embargo, se ha prestado muy poca atención al uso *Trichoderma* y fertilizantes químicos en el crecimiento, el rendimiento y la calidad nutricional de

los cultivos. El uso *Trichoderma* solo o en combinación con fertilizantes químicos puede aumentar el rendimiento y la calidad, reducir la carga del uso de N - P - K y la contaminación ambiental. (Molla, Manjurul, Amdadul & Ilias, 2012).

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo general

- Evaluar los efectos de dos hongos antagonistas como promotores de crecimiento vegetal en la propagación botánica de palto raza mexicana *Persea americana* var. *drymifolia*

1.1.1.2. Objetivos específicos

- Comparar los efectos de los hongos antagonistas y los efectos de la fertilización sintética en el proceso de propagación de las plantas de palto raza mexicana *Persea americana* var. *drymifolia*.
- Determinar si existe compatibilidad entre hongos antagonistas y fertilizantes sintéticos en el proceso de propagación.
- Contrastar la influencia de los hongos antagonistas en el incremento de área foliar y materia seca con relación al testigo.

1.2. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El cultivo de palto en el Callejón de Huaylas tiene un incremento progresivo debido al crecimiento en las exportaciones, este índice de crecimiento, se debe a la mayor demanda que genera la apertura de nuevos mercados internacionales. Por ello muchos productores han optado por dedicarse a esta actividad, siendo la propagación de plantas de palto una de las actividades principales en esta zona, para ello es necesario mejorar y optimizar el proceso de producción de plantas.

La aplicación de hongos antagonistas en el proceso de propagación convencional de plantas de palto en vivero nos permite sustituir (en los primeros meses) o aprovechar de manera más eficiente los fertilizantes sintéticos aplicados para la nutrición de las plantas. La importancia de la aplicación de hongos antagonistas en el proceso de propagación nos permite conocer de manera más detallada las ventajas de su uso, por lo tanto, los resultados de esta investigación aportan información de gran utilidad relacionada a la propagación de palto con aplicación de productos biológicos accesibles y económicos en la zona sierra de la región Ancash.

1.3. HIPÓTESIS

La aplicación de hongos antagonistas, fertilizantes sintéticos o combinados, tendrá influencia en el crecimiento de las plantas de palto raza mexicana *Persea americana* var. *drymifolia*.

1.4. VARIABLES

Variable independiente: cepa de hongos antagonistas y fertilizantes sintéticos (NPK).

Variables dependientes: crecimiento y desarrollo de la planta.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

Buendía (2015) menciona que la palta, o aguacate, es un fruto del árbol del género *Persea* perteneciente a la familia Lauraceae, y se cultiva en climas tropicales y mediterráneos en todo el mundo. Tiene su origen en Centroamérica y México donde se le conoce como Aguacate; es conocida como palta en el Perú y en otros países más al sur. Tiene una antigüedad que fluctúa alrededor de los 8 mil años; es una planta perenne, de rápido crecimiento.

Howell (2003); Izaguirre, Labandera y Sanjuan (2007) manifiestan que además del efecto biocontrolador de patógenos, se ha reportado que la inoculación de especies de *Trichoderma* aporta otros beneficios a las plantas: a través de la descomposición de materia orgánica, libera nutrientes en formas inmediatamente disponibles; Vera, Pérez y Valencia (2002) señalan que promueve el crecimiento y el desarrollo de los cultivos, produciendo metabolitos que estimulan los procesos de desarrollo vegetal.

Orietta (2001) señala que el género *Trichoderma* es un excelente modelo para ser estudiado debido a su fácil aislamiento y cultivo, rápido desarrollo en varios sustratos y por su condición de controlador biológico de una amplia gama de fitopatógenos.

En una evaluación con plantines de *Pinus taeda*, y diferentes dosis de fertilización y la inclusión o no de *Trichoderma sp.*, concluyeron que los plantines inoculados con el hongo presentaron una altura mayor del 24%, con respecto a los no inoculados. Además, los plantines a los que se les incluyó el hongo exhiben un diámetro de cuello un 15% mayor, con respecto a los sin inocular; un 49% más en materia fresca y un 38 % más en materia seca, en referencia a los sin inocular (Añón, Levitán & Tarino, 2004).

Molla *et al.* (2012) demostraron en un estudio, que biofertilizantes enriquecidos con *Trichoderma* desempeñó un papel importante tanto en el rendimiento como en la mejora de la calidad del tomate. La aplicación combinada de biofertilizante y fertilizante químico (especialmente 50% BioF + 50% N: P: K) mejoró el crecimiento vegetativo y reproductivo, el rendimiento y la calidad nutricional del tomate mediante la liberación lenta y constante de nutrientes a las plantas que la única aplicación de N: P: K fertilizante. Los hallazgos actuales, señalan que la aplicación de biofertilizantes enriquecidos con *Trichoderma* podrían ahorrar al menos un 50% de N: P: K.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Generalidades del cultivo

2.2.1.1. Origen y distribución geográfica

Mahomed y Van Den Berg (2011); Ramírez, Castañeda y Morales (2014) mencionan que el aguacate (*Persea americana* Mill.) es una fruta tropical que tiene un alto potencial económico, gracias a su aceptado consumo en fresco y las cualidades que tiene para su procesamiento agroindustrial y que actualmente se cultiva en más de 60 países tropicales y subtropicales.

Téliz (2007) indica que el nombre común que recibe el fruto del aguacate, derivada del vocablo náhuatl “Ahuacatl”, hablado en Mesoamérica. Otros nombres comunes Palta (Quechua, Perú, Chile), Cura (Chibcha, Colombia, Venezuela), Abacate (Portugués, Brasil), Avocado (Ingles, EU).

Bernal *et al.* (2008) destacan que el aguacate tiene como centro de origen a América, se considera que la especie que dio origen al aguacatero proviene de la zona montañosa situada al occidente de México y Guatemala. Su distribución natural va desde México hasta Perú, pasando por Centro América, Colombia, Venezuela y Ecuador.

Carlini (2003) refiere que el Perú tiene un área productora de palta de aproximadamente 12000 Hectáreas de las cuales aproximadamente 2200 son de variedad Hass, 3000 Hectáreas de fuerte y el resto de una mezcla de variedades caracterizadas por su bajo contenido de aceite.

2.2.1.2. Clasificación taxonómica

Bernal *et al.* (2008) presentan la clasificación taxonómica dada para el aguacate:

Reino: Vegetal

División: Spermatophyta

Subdivisión: Angiospermae

Clase: Dicotyledoneae

Subclase: Dipétala

Orden: Ranales

Familia: Lauraceae

Género: *Persea*

Especie: *Persea americana* Miller

La familia de las Lauráceas, esta es una de las familias más primitivas de las dicotiledóneas, en esta familia hay especies de gran importancia económica, productoras de aceites esenciales como el alcanfor y especies como la canela y maderas finas.

2.2.1.3. Características botánicas

2.2.1.3.1. Semilla

Bernal *et al.* (2008) indican que la semilla es grande y puede tener varias formas así: oblata, esferoide, elipsoide, ovada, ovada ancha, cordiforme, etc. El endocarpio o semilla es importante en la relación fruto/semilla, siendo ideal una mayor porción de pulpa y una semilla de tamaño mediano a pequeña (Baiza, 2003).

2.2.1.3.2. Raíz

Lemus *et al.* (2005) sostienen que sus raíces son superficiales, dependiendo de la variedad, del suelo y otras condiciones de producción. Alcanza una profundidad de 1 a 1,5 m; estas pueden variar aún más en suelos sueltos. Posee escaso pelo absorbente. Las raicillas son las encargadas de absorber los nutrientes y el agua; siendo muy susceptibles a los excesos de humedad, a la asfixia y al ataque de hongos.

2.2.1.3.3. Tallo

Lemus *et al.* (2005) señalan que el tallo es un tronco cilíndrico, erecto, leñoso, ramificado, con una corteza áspera y a veces surcada longitudinalmente. La copa de ramas extendidas, es de forma globosa y acampanada.

2.2.1.3.4. Ramas

Lemus *et al.* (2005) manifiestan que son sensibles a la quemadura del sol y las heladas. Son abundantes, delgadas y frágiles; por lo que pueden romperse cuando cargan mucho fruto o producto de la fuerza del viento.

2.2.1.3.5. Hojas

Lemus *et al.* (2005) mencionan que es un árbol perennifolio de hojas alternas, pedunculadas, muy brillantes. Son simples y enteras, de forma elíptica y alargada, con nervaduras pinnada (en

forma de pluma); la inserción en el tallo es peciolada. Cuando las hojas son jóvenes presentan un color rojizo y epidermis pubescente; al llegar a la madurez se tornan lisas y coriáceas, tomando un color verde intenso oscuro.

2.2.1.4. Requerimientos edafoclimáticos

Mora y Acuña (2015) recomiendan que, para tener éxito en la propagación del cultivo de aguacate, el vivero debe:

- El suelo debe ser liviano y con buen drenaje para evitar encharcamientos.
- Por ser el vivero de aguacate un lugar que va a ser utilizado en forma permanente, conviene que cuente con construcciones como invernaderos que puedan estar forrados con plásticos y serán, de modo que genere entre 25 y 40 % de sombra; principalmente en las etapas de siembra, germinación e injertación, y al inicio del crecimiento del injerto. Posteriormente, las plantas se sacan al aire libre en forma paulatina, protegidas del viento y la radiación excesiva. La temperatura ideal para que se produzca un desarrollo continuo de las plantas oscila entre 26-28 °C.
- Alrededor del vivero se deben hacer zanjas para eliminar excesos de agua, y a la vez, evitar entradas de agua que puedan diseminar problemas de enfermedades de suelo.

2.2.1.5. Plagas y enfermedades

- Plagas

Mora y Acuña (2015) señalan que en los viveros hay muy pocos insectos que se deben controlar; sin embargo, el problema más serio se presenta cuando la semilla viene infectada con el barrenador, que resulta difícil de controlar aun con tratamiento de inmersión de la semilla. Se recomienda para esto tomar semilla preferiblemente de lugares donde no exista la plaga; o bien, seleccionar

árboles cuya semilla será usada específicamente para patrón y aplicar sobre ellos un control o manejo integrado de la plaga lo más estricto e intensivo posible.

- **Enfermedades**

Mora y Acuña (2015) sostiene que las enfermedades más comunes y difíciles de controlar es la causada por *Phytophthora cinnamomi* que ataca las plantas desde el vivero. El hongo llega al vivero regularmente con las frutas que lo han adquirido en la plantación, mediante el contacto con suelo infestado. Por lo serio de esta enfermedad se exponen a los viveristas las siguientes medidas preventivas:

- Deben desinfectar las semillas con tratamiento térmico o con productos químicos.
- Deben desinfectar las mezclas o sustratos donde se van a sembrar las semillas preferiblemente con vapor o productos químicos.
- Colocar las bolsas por lo menos 20 cm arriba del suelo, en pequeñas tarimas o en blocks de cemento o con una capa de grava o piedra.
- El vivero se debe cercar para evitar la entrada de personas o animales.
- Se debe prevenir la llegada de agua de los terrenos aledaños. Para esto deberá hacer una zanja profunda alrededor del vivero.
- Debe construir algún lugar donde la persona que entre al vivero pueda limpiarse bien el barro de los zapatos y también es importante colocar en la entrada una pileta con esponja que contenga una solución de cualquiera de los siguientes productos: formalina al 5 % o sulfato de cobre al 10 % para la desinfección.

Mora y Acuña (2015) también mencionan que: a menudo se pueden encontrar plantas con raíces muertas que puedan deberse a problemas de *Rosellinia*, *Fusarium* y *Rhizoctonia*; estos patógenos

también atacan la semilla causando pudrición y la muerte del embrión. En las raíces se presenta principalmente a nivel de raíces primarias. La pudrición se inicia como líneas necróticas que posteriormente se extienden hacia las otras raíces. Su entrada al vivero se puede prevenir tomando semillas cosechadas solamente del árbol, que no caigan al suelo y usan una mezcla de suelo bien desinfectada.

2.2.2. Producción de plantas de palto

2.2.2.1. Producción de palto en el Perú

Según el Ministerio de Agricultura (2008) este cultivo está en expansión, debido a que su fruto ha demostrado poseer valiosísimas propiedades alimenticias, destacándose su alta concentración de proteínas y aceites insaturados y la ausencia de colesterol, destacando este vegetal, con relación a otros, por su fácil preparación y en su estado natural sin necesidad de cocción, permaneciendo intactas todas las concentraciones de vitaminas, minerales y nutrientes que posee. Las características agroecológicas de la costa peruana, valles interandinos y ceja de selva, ofrecen excelentes condiciones para su producción; es posible producir todo el año, siendo una ventaja competitiva que la mayor concentración de cosechas coincide con la ventana de exportación a países del hemisferio norte.

- Producción de palto en la región Ancash

Armando, Urrego y Acosta (2017) mencionan que las principales zonas de producción de palta en el Perú, en especial de La Libertad, Lima, Ica y Ancash.

La actividad agropecuaria, dentro de ella la frutícola, constituye un giro económico emergente de trascendencia internacional para las unidades agropecuarias del Callejón de Huaylas. Uno de los cultivos crecientes en la última década es la palta de las variedades: Fuerte, Super Fuerte, Hass

y mexicana que se cosecha entre los meses de julio a noviembre. Las variedades de palta más cultivadas en el Callejón de Huaylas son la Fuerte y Super fuerte con mayor rendimiento de 66.50% respecto a 58.70% de Hass (Alva & Quispe, 2009).

SOLAGRO (2018) señala que Áncash se ha convertido en una de las regiones más exportadoras de palta Hass en Perú. Sus productores han empezado a aumentar considerablemente sus áreas cultivadas y con ello el volumen de sus exportaciones, llegando a certificar durante este año unas 8 337 toneladas de paltas.

El Servicio Nacional de Sanidad Agraria (2020) informó que productores de las provincias del Santa, Casma y Huarney (Áncash) exportaron 4.505 toneladas de palta Hass durante el inicio de la campaña de exportación 2020. Además, señala que con el inicio de las exportaciones de palta Hass a Corea del Sur, pequeños productores de provincias como Huaylas, Carhuaz, Recuay y Bolognesi, tienen una gran expectativa, ya que la mayor demanda de este mercado podría dinamizar su economía para beneficio de todo el sector agropecuario de la región.

2.2.2.2. Proceso de propagación

Collao (1998) señala que el cultivo del palto presenta varias diferencias a nivel tecnológico que determinan su productividad. Por este motivo, la elección de un buen portainjerto es clave para definir el éxito o fracaso de una plantación. Está demostrado que el uso de porta injertos es clave para la mejora sustantiva de los rendimientos, calidad de frutos y explotación de cultivos en sitios con limitantes edáficas.

Toledo (1996) menciona que a nivel mundial la selección de portainjertos de palto en países como Estados Unidos, Sudáfrica y Australia se ha enfocado principal mente a la búsqueda de portainjertos resistentes o tolerantes al hongo patógeno *Phytophthora cinnamomi*.

Escobedo (2009) manifiesta que años atrás, cuando se pensaba llevar a cabo una plantación no se le daba importancia al patrón; nos bastaba con que la planta tuviese vigor y estuviese sana. Con el paso del tiempo han aparecido en las plantaciones ciertas enfermedades del suelo, tales como la *Phytophthora cinnamomi*, hongo que produce podredumbre en las raíces y como consecuencia la muerte del árbol.

2.2.2.2.1. Selección de patrones

Quiroz (2018) sostiene que para asegurar una planta sana y vigorosa es muy importante saber seleccionar el tipo de patrón a utilizar, debido a que en cada zona existen variedades con diferentes características, unas más resistentes que otras. En la actualidad se buscan patrones o porta injertos que presenten mayor tolerancia al problema fungoso causado por *Phytophthora cinnamomi* Rands, resistencia a la salinidad y sobre todo altos rendimientos por hectárea.

Mora y Acuña (2015) recomiendan que tanto las semillas para patrones, como las varetas de las variedades seleccionadas que se usarán para injertar, deberán tomarse de árboles debidamente identificados. Estos serán los mejores en calidad, producción, vigor y sanidad, cada viverista que desea producir plantas de aguacate debería saber acerca del tipo de patrón que se adapte a las condiciones locales para brindar árboles que se adapten bien.

Los patrones a emplear deben provenir de plantas madre sanas, con buenas características de conformación, una excelente adaptación a la zona donde se encuentre, con un historial debidamente documentado y que hayan tenido un manejo agronómico adecuado, es decir, cuenten con planes de manejo de plagas, de riego y fertilización. Los patrones a utilizar como portainjerto deben provenir de árboles nativos o locales que tengan alta rusticidad y adaptabilidad al medio ambiente. La semilla para el patrón se debe seleccionar de árboles adultos, que hayan tenido por lo menos dos cosechas, bien formados, que estén bien adaptados a las condiciones edafoclimáticas

en las cuales se establecerá el cultivo, que sean productivos, que posean frutos de buena calidad, que estén sanos y que presenten resistencia o tolerancia a los principales problemas sanitarios (Instituto Colombiano Agropecuario, 2009).

2.2.2.2.1.1. Razas de patrones de palto

- Raza mexicana

Persea americana var. *drymifolia*, conocida como raza Mexicana, se adapta a climas muy fríos, soportando temperaturas de hasta 2,2°C, teniendo como temperaturas óptimas, de 5 a 17°C. Se adapta a alturas superiores a los 1.700 m.s.n.m.; sus hojas son más pequeñas que las de las otras razas, son alargadas y con glándulas que contienen aceites esenciales, que al presionarlas desprenden un fuerte olor a anís. Entre las tres razas, es la que mayor contenido de grasa posee, hasta un 30% y la de menor contenido de azúcar, 2%. La cáscara es delgada y la superficie lisa. Corrientemente es de tonalidades verde claro, pero algunas variedades presentan coloraciones rojas, moradas o casi negras. Esta raza es originaria de la zona central de México. Es la raza con mayor resistencia al frío (-9°C). Dentro de las variedades o cultivares de la raza mexicana están: Mexicola, Puebla, Duke, Gottfried, Zutano, Bacon y Topa-topa. (Bernal *et al.*, 2008).

- Raza guatemalteca

Persea nubigena var. *guatemalensis*, conocida como la raza Guatemalteca, se adapta a condiciones subtropicales, con temperaturas óptimas de 4 a 19°C. Los árboles de esta raza se adaptan a alturas entre 1.000 y 2.000 m.s.n.m.; presenta, hojas sin olor anís, de mayor tamaño que las de la raza Mexicana, son de color verde más oscuro. Su color es verde opaco, hasta morado oscuro cuando está maduro; los frutos pueden ser medianos y grandes. La calidad de la fruta y su contenido de grasa del 20%, superan a la raza Antillana. Soportan temperaturas bajas. Algunas de las variedades o cultivares pertenecientes a esta raza son: Hass (es el principal cultivar del mundo,

originado en la Habra Heights, por Rudolph G. Hass, de una semilla establecida en el Siglo XX, de progenitores desconocidos, pero más cercano a Guatemalteca y se piensa que proviene del antiguo cultivar Lion.), Lamb-Hass, Hass Carmen, Reed, Edranol, Itzama, Nabal, Linda, Pinkerton y Mayapan (Bernal *et al.*, 2008).

- **Raza antillana**

La raza Antillana *Persea americana* var. *americana*, se adapta a temperaturas de 18 a 26°C. Una de las principales características de esta raza es el gran tamaño de sus frutos, que pueden ser de 250 a 2.500 g de peso, con pulpa muy baja en grasa, 5 a 15% y alta en azúcar, 5%, lo que vulgarmente se conoce como aguacates “aguachentos”. Las hojas de estas variedades no son aromáticas. Los árboles de esta raza no toleran el frío y mueren cuando la temperatura fluctúa entre los 2,2 y 4°C. El color del fruto puede ser verde, verde amarillento, verde brillante o amarillo rojizo. En el trópico se adapta a alturas por debajo de los 1.000 m.s.n.m. Dentro de las variedades o cultivares de esta raza se tienen: Lorena, Butler, Fuchs, fucsia, Hulumanu, Peterson, Pinelli, Pollock, Ruehle, Russell, Simmonds, Trapp, Villacampa, Waldin, común o criollo, venezolano y Curumaní. (Bernal *et al.*, 2008).

- **Razas híbridas**

Bernal et al. (2008) mencionan que el aguacate es una planta que presenta una alta alogamia, es decir, una alta polinización cruzada, existe una gran facilidad para la obtención de híbridos, ya sea en forma natural, como artificial. Por tal razón, desde principios del siglo XX, se iniciaron procesos de mejoramiento del aguacate, mediante la hibridación de variedades de distintas razas; es así como se obtuvieron híbridos entre la raza Mexicana y Guatemalteca y entre ésta y la Antillana, dando como resultado variedades con mayor adaptación que la de sus progenitores.

Cultivares híbridos de aguacate de la raza mexicana x guatemalteca

Los híbridos obtenidos entre estas dos razas, combinan características de los mexicanos, tales como la resistencia al frío, con el tamaño y la cantidad del guatemalteco. Algunos de los cultivares híbridos obtenidos del cruce de estas dos razas son: 135-15, 135-20, 135-21, 135-27, 143-61, Ardith, Bacon, ColinV33, Ettinger, fuerte, Lamb/Hass, Lula, Ryan, Sharwil y Whitsell. (Bernal *et al.*, 2008).

Fuerte: principal cultivar de esta raza, son árboles precoces y de porte bajo, originario de Atlixco (México). Resiste el frío y es uno de los materiales de aguacate más cultivados en el mundo. Es autofértil, pero es mejor polinizarlo con las variedades Ettinger, Hass o Puebla; es sensible a los excesos de calor o frío durante la floración y fructificación. En ocasiones presenta dos a tres cosechas reducidas. La cáscara pela fácilmente, es delgada, lisa, flexible, de color verde opaco; la pulpa amarillo pálido, es de excelente calidad y con sabor a nuez. (Bernal *et al.*, 2008).

2.2.2.2.2. Manejo de semillas

Mora y Acuña (2015) sugieren que la selección de semillas se debe hacer a partir de árboles que sean buenos productores, que presenten un buen estado fitosanitario y que sean vigorosos y con una producción sostenida año con año o sea que no presenten alternancia; en estado de madurez fisiológica. Las frutas se deben cosechar directamente del árbol. No se puede recoger semillas del suelo, ya que pueden estar infestadas por *Phytophthora*. En caso de que las frutas o las semillas hayan estado en contacto con el suelo o que no se conozca su procedencia, se deben tratar con agua a 50°C durante unos 5 minutos. Una vez aplicado el tratamiento térmico, las semillas se deben colocar de inmediato con Benlate, y secarlas a la sombra. Sí las semillas se desean almacenar por algún tiempo, puede colocarlas en cajas con arena ligeramente húmeda y curada. Posteriormente se almacenan en cámara fría a una temperatura de 4 a 6 grados centígrados.

2.2.2.2.3. Desinfección y tratamiento para mejorar la germinación de semillas

- Desinfección

Mora y Acuña (2015) señalan que es posible hacer la desinfección mediante dos métodos:

- 1) calentar la semilla a 50 °C durante 5 minutos, y
- 2) tratar con una mezcla de Captan 0.15% y Benlate 0.05%

- Tratamiento para mejorar la germinación de semillas

Mora y Acuña (2015) indican que, para mejorar la germinación, se pueden aplicar algunos tratamientos:

- Quitar la cáscara que cubre la semilla (cubierta seminal), lo cual se logra colocándola primero en agua a 45 °C por media hora, y luego en agua a temperatura ambiente por 24 horas.
- Seleccionar la semilla de acuerdo con el tamaño.
- Cortar la parte del ápice de la semilla.

2.2.2.2.4. Siembra

Instituto Colombiano Agropecuario (2009) sugiere que se debe emplear un sustrato adecuado, el cual debe ser liviano, con buena porosidad, estar libre de plagas y enfermedades. Se pueden hacer mezclas con materiales disponibles en la finca como por ejemplo de tierra liviana de textura franca, arena, viruta y/o cascarilla de arroz. El sustrato puede desinfectarse mediante el uso de un biocida o mediante solarización, en la cual el sustrato es expuesto al sol cubierto con un plástico transparente, creando una capa no mayor a 30 cm de altura, durante un tiempo mínimo de 60 días, durante el cual se debe voltear y añadir agua sin encharcar 4 veces cada 15 días. Para la siembra de la semilla se puede utilizar una cama de germinación o la siembra directamente en la bolsa con sustrato.

- **Siembra en camas de germinación**

Instituto Colombiano Agropecuario (2009) señala que las camas de germinación se construyen levantadas del suelo de tal manera que permitan evacuar el exceso de humedad y así se evite la pudrición de la semilla. Esta se pone de tal manera que el corte realizado quede en la parte superior. Estas camas se pueden dejar expuestas a la intemperie, o dentro de un invernadero, si es así se deben hacer riegos periódicos cada 2 días sin generar exceso de humedad.

2.2.2.2.5. Preparación del sustrato

Mora y Acuña (2015) recalcan que el aguacate es muy sensible a los excesos de humedad y a la falta de aire en el suelo, se usan mezclas que reduzcan estos factores. Debe ser un material lo suficientemente suelto, para que las raíces puedan crecer adecuadamente, y de buena fertilidad. Dependiendo del tipo de suelo, se puede mezclar arena, granza de arroz y materia orgánica bien descompuesta. Si se utiliza un buen sustrato, no es necesario aplicar fertilizantes. Sin embargo, si en los arbolitos se observan síntomas de deficiencias nutricionales, se pueden aplicar abonos foliares, o aplicaciones muy ligeras de fertilizantes granulados, para evitar problemas de exceso de sales.

- **Desinfección del sustrato**

Mora y Acuña (2015) mencionan que en el caso del cultivo del aguacate es imprescindible que la mezcla del sustrato que se usa para llenar la bolsa esté desinfectada, debido a la alta susceptibilidad de las raíces de esta planta a enfermedades del suelo (como es el caso de *Phytophthora cinnamomi*), que se pueden transmitir fácilmente si el sustrato no es bien desinfectado. Es importante recalcar que de nada serviría tener cuidados en la obtención y manejo de la semilla y realizar tratamientos de desinfección, si no se complementa con la desinfección de la mezcla de suelo que se utilizará tanto en el semillero como en el llenado de la bolsa. Existen diferentes productos que

se pueden usar para el tratamiento del suelo, pero es muy importante conocer el rango de acción que cada uno tiene en el control de diferentes tipos de problemas que puedan estar presentes en el suelo.

- **Desinfección por solarización**

Velázquez, Jordá, Marzal y Osca (2003) manifiestan que los métodos físicos de control térmico son aquellos que generan un aumento en la temperatura de los organismos al aplicarles calor, aumento que conlleva su eliminación. Estos métodos empezaron a estudiarse en los años 1930, al descubrirse que con el calor las proteínas de los organismos se coagulan y se inactivan las enzimas.

Velázquez *et al.* (2003) señalan que los métodos térmicos más estudiados en campo abierto han sido la solarización, la llama directa y la utilización de vapor de agua. Cada uno de estos métodos presenta inconvenientes que han impedido su uso generalizado. En ocasiones ha sido la falta de eficiencia; otras, la baja rentabilidad o capacidad de trabajo. Esto no es así en el tratamiento de sustratos en invernadero, donde las condiciones están más controladas. Actualmente el método térmico más empleado en la desinfección de sustratos en invernadero es la aplicación de vapor de agua, y recientemente la aplicación de vapor de agua-aireado y aire caliente.

2.2.2.2.6. Trasplante o repique

El Instituto Colombiano Agropecuario (2009) sugiere que aproximadamente 30 días después de haber sido puesta la semilla en la cama de germinación se presenta el brote de la semilla, es en este momento en el cual se debe retirar esta de la cama de germinación y trasplantarla al almácigo sin dañar las raíces, utilizando el sustrato desinfectado el cual es embolsado. La semilla se siembra generando un espacio en el sustrato para alojar la raíz que ya para ese momento ha brotado y esta se deja a ras del sustrato sin cubrir el brote nuevo.

2.2.2.2.7. Crecimiento del portainjerto o patrón

El patrón estará listo para ser injertado cuando el tallo de la planta tiene aproximadamente un centímetro de diámetro, dependiendo de las condiciones agroclimáticas de la zona y la variedad. Durante este tiempo deberá proveérsele las condiciones adecuadas de riego, fertilización, sombra, control de plagas y enfermedades (Maradiaga, 2017).

2.2.2.2.8. Labores complementarias

– Fertilización

Las plantas deben recibir los nutrientes necesarios para alcanzar el desarrollo y sanidad deseada durante permanecen en el vivero (Maradiaga, 2017).

La fertilización en los cultivos comerciales tiene que ver con la reposición de los nutrientes que requiere una planta para lograr su mejor expresión con un buen desarrollo del cultivo. Para la fertilización de paltos se recomienda a manera referencial una dosis de: 10 N – 30 P – 10 K para plantas de 0 a 3 meses y otra aplicación de 10 N – 30 P – 10 K para plantas de 3 a 6 meses (Mejía, 2011).

– Riego

Este es un aspecto muy importante ya que se debe tener mucho cuidado de no someter las plantas a estrés hídrico (ni mucha, ni muy poca agua). Es recomendable contar con un sistema permanente y eficiente de riego (Maradiaga, 2017).

Es un factor muy importante para el crecimiento y la salud de la planta y el mantenimiento del vivero, el agua para el vivero debe contener pocas sales, no estar contaminada, libre de pesticidas, de semillas de malezas y de patógenos (Porras, 2006).

– Control fitosanitario

En este tema, el monitoreo de plagas y enfermedades debe ser constante y deben permitir decidir sobre el control preventivo. Para el control de plagas, también se deben realizar las labores de

cultivo pertinentes, como la eliminación de las malezas, para evitar que las plagas lleguen a infectar el vivero (Maradiaga, 2017).

Porras (2006) sugiere que los controles deben realizarse previa evaluación, si es que se detecta la presencia de insectos y síntomas de enfermedades se tendrán que realizar aplicaciones inmediatas.

– **Podas**

Los portainjertos deben tener un solo tallo, donde se realizará el injerto, para lo cual se eliminan los brotes no deseables, los cortes se realizan al ras del tallo y tratándolos con cicatrizantes. Con la finalidad de formar un buen portainjerto (Porras, 2006).

2.2.3. Hongos antagonistas

Gómez, Soberanis, Tenorio y Torres Del Aguila (2013) definen que los hongos antagonistas son componentes naturales del suelo, encontrándose en materiales vegetales en estado de descomposición en numerosos suelos de uso agrícola y tiene la capacidad de adaptarse a varios ambientes. Uno de los géneros más importantes en el control de plagas es *Trichoderma* los cuales actúan contra un amplio rango de hongos fitopatógenos transmitidos por suelo y por aire, usándose en campo e invernadero.

Tiene la capacidad de multiplicarse en el suelo y colonizar las raíces de las plantas liberando factores de crecimiento (auxinas, giberelinas y citoquininas) que estimulan la germinación y el desarrollo de las plantas (Altomare, Norvell, Bjorkman & Harman, 1999); Promueve el crecimiento y desarrollo de los cultivos produciendo metabolitos que estimulan los procesos de desarrollo vegetal (Sutton & Peng, 1993).

2.2.3.1. Características generales de *Trichoderma spp.*

En el grupo de los hongos destaca el género *Trichoderma* que promueven el crecimiento de la planta, mejoran la calidad de frutos y potencializan el rendimiento en los cultivos mediante la

producción de fitohormonas y promoción de la disponibilidad de fosfatos y otros minerales necesarios para el metabolismo de las plantas (Sharma & Gothwal, 2017).

Los hongos del género *Trichoderma* se conocen desde al menos la década de 1920 por su capacidad de actuar como agentes de biocontrol contra los patógenos de las plantas (Harman, 2006). El género *Trichoderma* en su estado vegetativo presenta micelio con septos simples. Las especies son haploides y su pared está compuesta por quitina y glucano. Se reproducen asexualmente por conidios. Presentan conidióforos hialinos ramificados, fiálides simples o en grupos, conidios de 3 a 5 µm de diámetro los cuales presentan un rápido desarrollo en medios de cultivo sintéticos. Posee la capacidad de producir clamidosporas en sustratos naturales. Estas estructuras toleran condiciones ambientales adversas y son de gran importancia para la supervivencia del género en el suelo bajo condiciones desfavorables (Harman, 2002).

Clasificación taxonómica

Mohiddin, Khan M., Khan S. y Bhat (2010) ubican al género *Trichoderma* como sigue:

Reino	: Fungi
División	: Ascomycota
Subdivisión	: Pezizomycotina
Clase	: Sordariomycetes
Orden	: Hypocreales
Familia	: Hypocreaceae
Género	: <i>Trichoderma</i>
Especie	: <i>harzianum</i> , <i>viride</i> , <i>hamatum</i> . Entre otros.

2.2.3.2. Modo de acción

Gómez *et al.*, (2013) manifiestan que al ser aplicado coloniza las raíces, formando una capa protectora sobre ellas, haciendo una simbiosis, el hongo se alimenta de los exudados de las raíces

y al mismo tiempo la protege, reduciendo o eliminando las fuentes de alimento del patógeno. Al ser un hongo antagonista, cualquier hongo patógeno que atravesase esa protección, es destruido consumiéndolo y usándolo como alimento (hiperparasitismo), también actúa como una barrera para prevenir la entrada de patógenos a las raíces. Howell (2003) menciona que además se han manifestado por incrementos en el peso y área de la raíz de la planta y cambios en la nutrición de la planta.

2.2.3.3. Mecanismos de acción

2.2.3.3.1. Micoparasitismo

Castro y Rivillas (2012) mencionan que es considerado el mecanismo de acción más importante, ya que es un proceso complejo donde está involucrada la producción de enzimas líticas tales como quitinasas, glucanasas, celulasas, xylanases, laminarinasas, esterases, glucosidasas, lipasas y proteasas. En el micoparasitismo la hifa de *Trichoderma* entra en contacto con la hifa del hongo patógeno e inicia un crecimiento alrededor de la hifa, y por acción enzimática comienza la degradación de la hifa del patógeno; posteriormente, ocurre penetración por parte del hongo antagonista, causando degradación celular, rompimiento hifal y destrucción total de la hifa del patógeno.

2.2.3.3.2. Competencia

Orietta (2001) recalca que constituye un mecanismo de acción antagónica muy importante. Puede definirse como el comportamiento desigual de dos o más organismos ante un mismo requerimiento, siempre y cuando la utilización del mismo por uno de los organismos reduzca la cantidad disponible para los demás. Un factor esencial para que exista competencia es la escasez o limitación de un elemento porque si hay exceso no hay competencia.

2.2.3.3.3. Antibiosis

Castro y Rivillas (2012) señalan que *Trichoderma* tiene la capacidad de producir compuestos orgánicos volátiles, como 2-propanona, 2-metil-1-butanol, heptanal, octanal, nonanal y decanal. La actividad antibiótica como tal, se refiere a los compuestos no volátiles, dentro de los cuales existe un gran número de compuestos de importancia en la actividad biorreguladora de patógenos, algunos de ellos son harzianolida, alameticina, tricolina, viridina, gliovirina, gliotoxina, 6-pentil- α -pirona, isonitrina, trichodermina, suzucacilina y trichorzianina. Estos compuestos juegan un papel importante inhibiendo el crecimiento y desarrollo de microorganismos patógenos.

2.2.3.3.4. Estimulación de crecimiento vegetal

Hasta hace poco, se suponía que los principales mecanismos de control eran aquellos que actuaban principalmente sobre los patógenos e incluían el micoparasitismo, la antibiosis y la competencia por los recursos y el espacio. Los avances recientes demuestran que los efectos de *Trichoderma* en las plantas, incluida la resistencia sistémica o localizada inducida, también son muy importantes, como consecuencia, además de la inducción de vías de resistencia en las plantas, se produce un mayor crecimiento de la planta y la absorción de nutrientes. (Harman, 2006)

Raíces colonizadas por *Trichoderma spp.* frecuentemente aumentan el crecimiento, desarrollo, productividad del cultivo, resistencia a estrés abiótico e incremento en la toma y uso de nutrientes. Se ha demostrado que la productividad de un cultivo en el campo puede incrementarse en más del 300% después de la aplicación. Diferentes especies del género *Trichoderma* producen factores de crecimiento, los cuales han sido detectados e identificados en el laboratorio, como son las auxinas, citoquininas y etileno. También se ha descrito la producción de fitohormonas, tales como indol, ácido acético y etileno. Por otra parte, *Trichoderma spp.* produce moléculas de citoquininas y gibberelinas GA3, involucradas en eventos de estimulación de crecimiento y desarrollo de las plantas.

En adición a las características anteriormente mencionadas, *Trichoderma* tiene la capacidad de acidificar el entorno en que se encuentra por la secreción de ácidos orgánicos como ácido glucónico, cítrico y fumárico. Estos ácidos orgánicos resultan del metabolismo de otras fuentes de carbono, principalmente glucosa, trayendo consigo la solubilización de fosfatos, micronutrientes y minerales incluyendo el hierro, magnesio y manganeso (Benítez, Rincón, Limón & Codón, 2004).

Diversos aislados de esta especie estimulan el crecimiento vegetal debido a que son capaces de sintetizar determinados compuestos con carácter hormonal (Brotman, Gupta & Viterbo, 2010). Estos aislados producen además diferentes ácidos orgánicos que disminuyen el pH, solubilizando el fósforo del medio, así como otros nutrientes, mejorando el desarrollo de la planta. Además, las enzimas hidrolíticas producidas por estos hongos movilizan la materia orgánica del medio, mejorando igualmente la absorción de compuestos más simples por parte de la planta, y en definitiva su estado nutricional (Verma, Brar, Tyagi, Surampalli & Valéro, 2007).

Yedidia, Srivastva, Kapulnik & Chet (2001) sugieren que el efecto de *Trichoderma* sobre el crecimiento de las plantas es debido al incremento del área de la raíz, lo que permite que la raíz explore un mayor volumen de suelo y que por lo tanto más nutrientes estén disponibles para las plantas, especialmente en ambientes de suelo donde los nutrientes son limitados.

Harman (2006) menciona que los efectos positivos de la inoculación de plantas con *Trichoderma* incluyen:

- Control biológico de enfermedades causadas por patógenos en la raíz y en algunos foliares.
- Inducción de resistencia sistémica en las plantas.
- Cambios en la composición de la microflora de las raíces.
- Mejora la absorción de nutrientes, incluyendo, pero no limitado, al nitrógeno.
- Mejora de la solubilidad de los nutrientes del suelo.

- Mayor desarrollo de las raíces.
- Aumento de la formación de pelos radiculares.
- Enraizamiento más profundo.

2.2.3.3.5. Otros mecanismos

Estimulador de los mecanismos de defensa de las plantas

Castro y Rivillas (2012) manifiestan que la habilidad de diferentes especies de *Trichoderma* de proteger las plantas contra patógenos radicales ha sido atribuida a un efecto antagónico contra la invasión del patógeno. Sin embargo, las asociaciones hongo-raíz también estimulan los mecanismos de defensa de las plantas. *Trichoderma* ejerce una protección a las plantas frente a patógenos que producen daños radicales y aéreos, inclusive infecciones virales. Estos mecanismos de inducción de resistencia son similares a la respuesta hipersensitiva, resistencia sistémica adquirida y resistencia sistémica inducida “RSI” en plantas.

2.2.3.4. Especies de hongos antagonistas en estudio

Varios estudios han evaluado el efecto de la temperatura en la germinación de las esporas y el crecimiento del tubo germinal, crecimiento del micelio, habilidades competitivas y producción de metabolitos volátiles y no volátiles en las especies de *Trichoderma*, estableciendo que la temperatura óptima de crecimiento difiere entre las diferentes especies (Kredics *et al.*, 2003); sin embargo al igual que la gran mayoría de los hongos, estos se desarrollan en rangos de temperatura mesofílicos entre 10 °C y 40 °C, pero en la mayoría de los casos, la temperatura óptima se encuentra entre 15 y 30 °C (Nampoothiri *et al.*, 2004).

El pH juega un papel importante en la regulación de la producción de enzimas extracelulares. La mayoría de cepas de *Trichoderma* tienen la habilidad de crecer en un amplio rango de pH de 2

a 6 con un óptimo de 4; y se ha reportado que la producción óptima de biomasa ocurre en un rango de pH entre 4.6 y 6.8 (Kredics *et al.*, 2003).

2.2.3.4.1. *Trichoderma viride*

Rojan *et al.* (2010) realizaron un estudio en el cual registraron que *T. viride* proporcionó un mayor crecimiento de las plantas, evidenciado en un mayor peso seco de tallo, raíz y frutos y mayor producción. Los autores discuten que los metabolitos secundarios, como las auxinas, juegan un papel importante en la promoción del crecimiento de las plantas en la interacción planta-*Trichoderma*.

2.2.3.4.2. *Trichoderma harzianum*

Los mecanismos de acción de *T. harzianum* se basan en el principal papel como promotor de crecimiento vegetal que tiene. *T. harzianum* se asocia a las raíces de la planta proporcionándole un mayor vigor y crecimiento (Chang *et al.*, 1986). Este hongo crece a medida que lo hace el sistema radicular del vegetal con el que se encuentra asociado, alimentándose de los productos de desecho y de exudados que excreta la planta. Ésta a su vez se beneficia al poder colonizar mayor cantidad de suelo gracias al sistema de hifas del hongo, aumentando considerablemente de esta manera el crecimiento de la planta. Por ello, se produce un aumento de la captación de nutrientes y de agua en las raíces, ya que explora mayor volumen de suelo, y a su vez, incrementa la solubilización de nutrientes orgánicos como el fósforo. Este mayor vigor a su vez le proporciona a la planta una mayor tolerancia frente a diferentes tipos de estrés tanto abióticos (fertilización, salinidad, riegos y condiciones climáticas no-óptimas como sequía, temperaturas altas, etc) como bióticos (patógenos. (Galeano, Mendez & Urbaneja, 2002).

2.2.3.5. Limitaciones con el uso de *Trichoderma* en la agricultura

- Eficacia

Ésta depende sensiblemente de los factores ambientales y de su nicho ecológico. Los factores físicos del suelo, tales como humedad, temperatura y pH, influyen en la actividad biorreguladora de *Trichoderma* (Devi & Paul, 2011).

- Tiempo

Requiere de mayor tiempo para mostrar los resultados en el campo, debido a que en el manejo de enfermedades la respuesta biológica difiere de la química; en el primer caso, se trabaja con un organismo vivo que afecta al organismo patogénico, dañando lentamente sus estructuras, lo cual hace que el manejo biológico sea catalogado como preventivo y no curativo (Castro & Rivillas, 2012).

- Escaso conocimiento de su existencia y de su manejo

Los agricultores tradicionalmente han utilizado los productos químicos para el manejo de las enfermedades, con dificultades para cambiar su mentalidad a la hora de emplear los productos biológicos para la biorregulación de patógenos en las plantas (Castro & Rivillas, 2012).

2.2.3.6. Uso de fertilizantes sintéticos y hongos antagonistas en la agricultura

Los fertilizantes son fundamentales para incrementar la producción de alimentos en países en desarrollo, especialmente después de la introducción de variedades de alto rendimiento, y de gran respuesta a los fertilizantes nitrógeno (N) fósforo (P) y potasio (K). Sin embargo, un problema global es que el rendimiento se ha ido reduciendo como resultado de una fertilización desbalanceada, y de la reducción en el contenido de la materia orgánica de los suelos, esto como resultado

de las malas prácticas agronómicas derivadas de la agricultura moderna causada por la Revolución Verde (Lira & Méndez, 2016).

Leal *et al.* (2018) manifiestan que, como alternativa al uso excesivo de fertilizantes sintéticos, los agricultores adoptan el uso de microorganismos promotores de crecimiento en plantas, para potenciar el crecimiento de raíces, fortalecer mecanismos naturales de reacción a enfermedades e insectos y aumentar la producción.

Para lograr un buen crecimiento y nutrición de las plantas formando una serie de asociaciones simbióticas y no simbióticas para un mejor aprovechamiento de los recursos del suelo. Entre estas asociaciones se encuentran los microorganismos que ayudan a la degradación de la materia orgánica, la fijación de nitrógeno, producción y liberación de sustancias reguladoras del crecimiento vegetal, solubilización de elementos minerales y protección frente a fitopatógenos, entre otros. En la actualidad existe un creciente interés en el uso de estos microorganismos en desarrollos agroecológicos mediante su incorporación en biofertilizantes, para lo cual son indispensables los estudios básicos y aplicados que generan tecnologías que permiten la utilización masiva de biopreparados microbianos en modelos alternativos de agricultura enmarcados dentro el concepto de sostenibilidad (Valero, 2007).

Trichoderma ha constituido una buena alternativa para el ahorro de fertilizantes químicos y pesticidas. Este bioagente forma asociaciones con Micorrizas, aumentando de manera significativa la rizosfera del suelo, permitiéndole a las plantas hacer una mayor extracción de nutrientes y con un alto grado de asimilación. Se ha demostrado también que este hongo antagonista es compatible con el biofertilizante a base de *Azotobacter chroococcun*, una bacteria que fija nitrógeno en el suelo; por lo que se establecen relaciones de ayuda mutua, con el consiguiente beneficio para la nutrición de los cultivos (Andrade, 2012).

Investigaciones recientes han demostrado que la aplicación del *Trichoderma spp* en el cultivo del maíz y cuyas raíces han sido colonizadas por dicho microorganismo, requieren menos fertilizante nitrogenado, que el maíz no tratado; lo cual implica un ahorro del 35 al 40% de fertilizante. Conociendo que dicho cultivo demanda mucho Nitrógeno, existe la posibilidad real que las aplicaciones de nitrógeno químico, sean disminuidas, disminuyendo así los costos de aplicación y una mejora apreciable del medio ambiente. El empleo del *Trichoderma* puede beneficiar a los productores agrícolas en sus propósitos de lograr cosechas más sanas y con mayor productividad. (Agamez, Zapata, Oviedo & Barrera, 2008).

- **Compatibilidad entre hongos antagonistas y fertilizantes sintéticos**

Soluciones Agrícolas y Medioambientales (s.f.) señala que se puede utilizar en combinación con cualquier plan de fertilización ya sea orgánico como inorgánico. Si se utiliza con fertilizantes sintéticos, repoblará la pérdida de hongos beneficiosos del suelo como consecuencia del contenido en sales que tienen este tipo de fertilizantes, no obstante, se recomienda que utilice fertilizantes orgánicos. La población de hongos beneficiosos se reproducirá considerablemente en caso de que utilice abonos orgánicos y a su vez facilitará más rápidamente la disponibilidad de nutrientes a las plantas.

La inoculación del sustrato con *Trichoderma sp.* tuvo efecto promotor en el crecimiento, que se evidencia en todos los parámetros de calidad de plantin de *Pinus taeda* evaluados. Para los parámetros evaluados se observó que la dosis de fertilizante utilizada para la producción de plantines en conjunto con la inoculación del hongo produjo plantines de mayor calidad que cuando no se inoculo. También se observó que hubo una respuesta significativa para algún parámetro cuando se aplicó el doble de dosis utilizada para la producción de plantines en conjunto con la inoculación de *T. harzianum* (Añón *et al.*, 2004).

Con el objetivo de comparar las respuestas a la sal de plantas de tomate tratadas con un fertilizante de tipo N P K –que tienen en su composición nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K)- y con un biofertilizante que incluye al hongo *Trichoderma harzianum*. Las plantas tratadas con el fertilizante N P K como las tratadas con el fertilizante biológico pudieron adaptarse y realizar esta adaptación y, finalmente, conseguir desarrollarse y alcanzar una buena altura. Pero cuando se combinó ambos tipos de fertilización, las plantas continuaban creciendo, pero habían perdido muchísima agua y estaban colapsadas, no se habían adaptado a la salinidad debido a la desregularización de ciertas fitohormonas como el etileno y el ABA (Rubio *et al.*, 2017).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN

El trabajo de investigación se desarrolló en el Centro de Innovación y Transferencia Tecnológica Hortofrutícola "Sarita Colonia", en el Barrio de Bellapampa – Huaraz.

a. Ubicación Política

Departamento : Ancash

Provincia : Huaraz

Distrito : Huaraz

b. Ubicación Geográfica

Cuenca : Rio Santa

Altitud : 3 130 m.s.n.m.

Latitud : 9° 31' 55.865" S

Longitud : 77° 31' 4.998" O

3.2. MATERIALES

a. Material genético

- Semillas de palto (topa topa)
- Nombre científico: *Persea americana* var. *drymifolia*

- Raza: Mexicana

b. Infraestructura

- Vivero

c. Herramientas de campo

- Pico
- Wincha
- Estacas
- Letreros
- Bomba de aspersión
- Regadera
- Bolsas de polietileno 7" * 14" *0.003mm

d. Materiales y equipos de laboratorio

- Balanza analítica
- Estufa
- Sacabocado
- Sobres manila
- Bolsas

e. Materiales y equipos de escritorio

- Laptop
- Cámara fotográfica
- Libreta de campo, etc.

f. Insumos

- Hongos antagonistas (*Trichoderma viride* y *Trichoderma harzianum*)
- Aceite agrícola vegetal
- Benomil
- Nitrato de amonio
- Fosfato di amónico
- Cloruro de potasio

3.3. MÉTODOS

3.3.1. Tipo de investigación

Experimental

3.3.2. Diseño de la investigación experimental

3.3.2.1. Tratamientos

Tabla 1: *Tratamientos en estudio*

Tratamientos	Descripción
T0	Testigo
T1	<i>Trichoderma viride</i> + <i>Trichoderma harzianum</i>
T2	Fertilizantes sintéticos (NPK)
T3	<i>Trichoderma viride</i> + <i>Trichoderma harzianum</i> + NPK

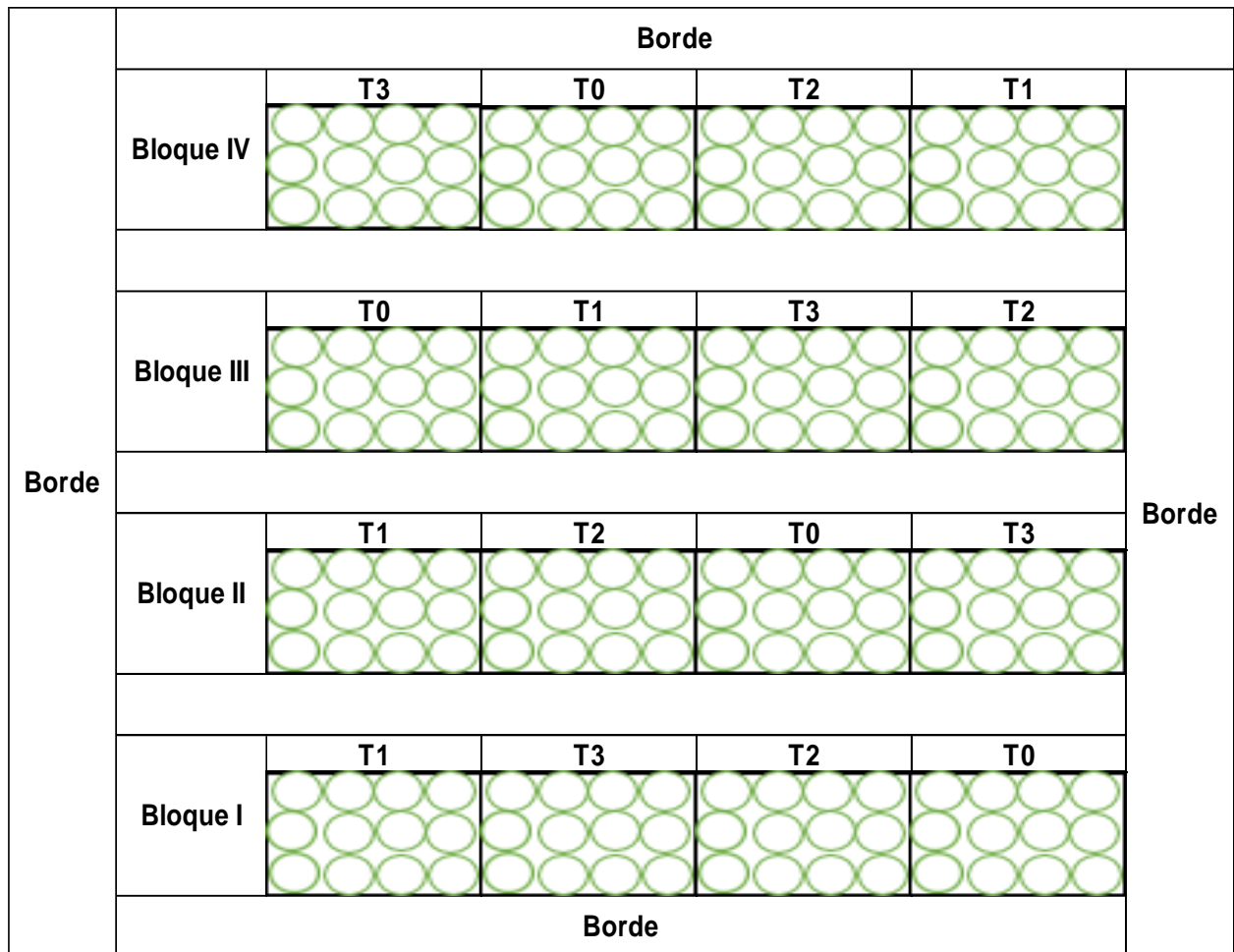
3.3.2.2. Randomización

Tabla 2: Aleatorización de los tratamientos

Bloques		Tratamientos		
I	T3	T0	T2	T1
II	T0	T1	T3	T2
III	T1	T2	T0	T3
IV	T1	T3	T2	T0

3.3.2.3. Campo experimental

Tabla 3: Croquis del campo experimental



3.3.2.4. Características del campo experimental

- Área total del experimento : 30 m²
- Área neta del experimento : 9 m²
- Área del bloque : 1.4 m²
- Área por sub-parcela : 0.35 m²
- Longitud de camas de repique : 2.8 m
- Distancia entre camas de repique : 0.3 m
- Número de tratamientos : 4
- Número de bloques : 4

3.3.3. Población

Espacio donde serán válidos los resultados, en este caso entre los 3000 y 3200 m.s.n.m.

3.3.4. Muestra y unidad de análisis

La muestra está representada por 192 plantas de palto y la unidad de análisis estuvo constituida por 1 planta de palto raza mexicana *Persea americana* var. *drymifolia*, donde se realizó las observaciones, mediciones y evaluaciones de los parámetros en estudio.

3.3.5. Diseño estadístico

Diseño experimental

En el presente trabajo de investigación se utilizó el Diseño de Bloque Completo al Azar (DBCA) con 4 tratamientos y 4 repeticiones; para evaluar los efectos de dos hongos antagonistas en la propagación botánica de palto raza mexicana *Persea americana* var. *drymifolia*, en el Centro de Innovación y Transferencia Tecnológica Hortofrutícola "Sarita Colonia", Barrio Bellapampa, Huaraz – Ancash.

Para el análisis estadístico se realizó el análisis de varianza (ANVA) para establecer si existen diferencias estadísticas significativas y para la comparación de medias de los tratamientos se utilizó la prueba de Duncan ($\alpha=5\%$).

Modelo aditivo lineal

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = unidad experimental que recibe el i-ésimo tratamiento en el j-ésimo bloque.

μ = es el efecto de la media general.

τ_i = es el efecto del i-ésimo tratamiento.

β_j = es el efecto del j-ésimo bloque.

ε_{ij} = efecto del error experimental en el i-ésimo tratamiento, j-ésimo bloque.

Esquema del análisis de varianza

Tabla 4: *Análisis de varianza para un diseño de bloque completo al azar*

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.Cal_(0.05)
Bloque (b)	$b - 1$	SC(b)	SC(b)/GL(b)	CM(b)/CM(e)
Tratamiento (t)	$t - 1$	SC(t)	SC(t)/GL(t)	CM(t)/CM(e)
Error (e)	$(t - 1)(b - 1)$	SC(e)	SC(e)/GL(e)	
Total (T)	$tb - 1$	SC(T)		

- **Coefficiente de variabilidad**

$$CV = \frac{\sqrt{CMerror}}{\bar{y}} \times 100$$

3.3.6. Procesamiento de datos

Para el procesamiento de la información se utilizó el Software Microsoft Excel 2016, Software Estadístico Minitab 17 y el IBM SPSS Statistics 25.

3.3.7. Evaluaciones

3.3.7.1. Altura de las plantas

Se realizó la medición de altura a todas las plantas de cada unidad experimental, desde la base del cuello hasta la yema terminal, expresándose dicha medición en centímetros. Se hizo dos evaluaciones a los 3 y a los 6 meses después del repique (ddr).

3.3.7.2. Peso fresco de la raíz y la materia verde

Para cada evaluación se tomó una planta de cada unidad experimental, se procedió a lavar las raíces y posteriormente pesarlos, para la materia verde se cortó a nivel del cuello de la planta y se midió el peso de la parte aérea de la planta. Se evaluó a los 6 ddr y expresado en gramos (g).

3.3.7.3. Área foliar

Para calcular el área foliar se tomó una planta por unidad experimental, se usó el método de relación peso:área, que consiste en sacar discos foliares con la ayuda de un sacabocado, luego calcular el área de los discos, pesarlos y comparar el peso de los dichos con el peso total de las hojas de cada planta.

Expresado en centímetros cuadrados (cm²).

Para calcular área foliar se usó el método de relación peso:área o del sacabocado (6 meses ddr).

$$\text{Área foliar} = \frac{\text{peso total de las hojas} \times \text{area del disco}}{\text{peso de los discos}}$$

3.3.7.4. Materia seca

El contenido de materia seca se determina por la extracción del agua contenida en las plantas al estado fresco o verde. Para hallar la materia seca se procedió a picar las plantas de palto (una planta de cada unidad experimental), y colocarlos en una estufa durante 48 horas a una temperatura de 68°C. Los resultados son expresados en porcentaje (%).

Fórmula para hallar la materia seca

$$\%M. S. = \frac{\text{Masa}_{\text{seco}}}{\text{masa}_{\text{verde}}} \times 100$$

Se evaluó en la última etapa de la investigación (6 meses ddr)

3.4. PROCEDIMIENTOS

3.4.1. Obtención de semillas

Las semillas procedieron de árboles sanos y vigorosos, de frutos fisiológicamente maduros, para que haya una uniformidad en la germinación.

3.4.2. Desinfección de semillas

Se realizó un corte de la parte apical de la semilla para facilitar su germinación, posterior a ello se trató con Benomil (2 g/L) y secarlas a sombra.

3.4.3. Fase de germinación

Es una etapa previa a la siembra, en la cual se colocaron las semillas en sustratos especiales, como la arena en el cual acelera su germinación y se realizó una selección de las plántulas más vigorosas y se eliminaron plántulas con alguna deficiencia, como plantas con raíces dañadas, poco o mal desarrolladas, etc.

El sustrato (arena) una vez colocada en la cama de germinación se trató con agua hervida para eliminar los patógenos del medio.

3.4.4. Desinfección de sustrato

El sustrato se sometió a la solarización por dos semanas, para su desinfección. Luego se empleó un fungicida (Benomil a 4 g/L), disuelto en agua limpia y con el uso de una bomba aspersora manual de mochila. Luego de tres a cinco días de la desinfección del sustrato, se procedió a trasplantar las plántulas.

3.4.5. Embolsado de sustrato

Es el proceso de llenar las bolsas de polietileno (7" *14" *0.003 mm) con una proporción de sustrato de 1:1:1 (tierra agrícola, arena y materia orgánica) para el óptimo desarrollo de los hongos antagonistas y las plantas.

Para calcular el volumen de la bolsa se utilizó la fórmula: $\pi r^2 h$

Donde: $h = 35.56$ cm, $D = 11$ cm

Por lo tanto, el volumen de cada bolsa de polietileno es 3379.4 cm³.

3.4.6. Trasplante

1.5 meses después de la siembra en las camas de germinación, se procedió al trasplante o repique en las bolsas con sustrato.

3.4.7. Riego

Es importante mantener húmedo el sustrato ya que esa condición es favorable para los hongos antagonistas y el crecimiento de la planta, posterior al repique el riego fue constante para evitar un estrés hídrico a la planta y posterior a ello dependió de las condiciones ambientales.

3.4.8. Fertilización

Se realizó dos aplicaciones: a dos meses después del repique con una dosis de NPK de 10 – 15 – 10 por bolsa y 4 meses después del repique una dosis de NPK de 10 – 20 - 10.

3.4.9. Aplicación de los hongos antagonistas

Posterior al repique la aplicación con la solución de hongos antagonistas fue cada 15 días por 5 meses.

3.4.9.1. Procedimiento para la preparación de hongos antagonistas

Para el uso de estos hongos en la propagación de plantas en vivero se recomienda: 4 bolsas por 200 litros de agua.

- Colocar 100 ml de aceite agrícola vegetal, en cada una de las bolsas y agregar 1 litro de agua. Frotar con la mano para desprender las esporas del arroz.
- Verter el agua en un recipiente (balde) con la ayuda de un colador. Nuevamente colocar medio litro de agua en la bolsa y verter.
- Una vez más agregar medio litro de agua en la bolsa y verter. Repetir este procedimiento hasta separar por completo las esporas del arroz. Aproximadamente con 2.5 litros de agua se logra separarlas, a esta solución se le puede llamar caldo de antagonistas con fines prácticos.
- Colocar los 2.5 litros de caldo de antagonista en una botella o balde y dejarlo a temperatura ambiente, en un lugar sombreado por un periodo de 6 horas como mínimo.
- Llenar la solución o caldo en equipos de aspersión a la cantidad de agua recomendada.
- Aplicar el producto utilizando una bomba de aspersión.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. RESULTADOS Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

4.1.1. Altura de plantas

Tabla 5: *Altura de plantas 3 meses después del repique (cm)*

FV	G.L.	S.C.	C.M.	F	Ft	Sig.
Bloques	3	1.3	0.43	0.98	3.86	NS
Tratamiento	3	68.8	22.93	52.11		*
Error	9	3.94	0.44			
Total	15	74.04				
C.V. =	7.8 %			Media =	8.45	

En la tabla 5 del análisis de varianza, cuando el nivel de significación es 0.05, para altura de plantas se observa que no existen diferencias estadísticas significativas entre los bloques, pero para los tratamientos indica que existen diferencias estadísticas significativas.

Tabla 6: *Prueba de comparación de medias de Duncan ($\alpha=5\%$), para altura de plantas 3 meses después del repique*

Tratamiento	Promedio de altura (cm)	Significancia
T3 (<i>T. viride</i> + <i>T. harzianum</i> + NPK)	10.63	A
T1 (<i>T. viride</i> + <i>T. harzianum</i>)	10.36	A
T2 (NPK)	6.89	B
T0 (testigo)	5.93	B

En la tabla 6 de la prueba de comparación de medias de Duncan, se determina que el T3 (*T. viride* + *T. harzianum* + NPK) expresó el mayor promedio de crecimiento, encontrando diferencias significativas con respecto a los tratamientos T2 (NPK) y T0 (testigo).

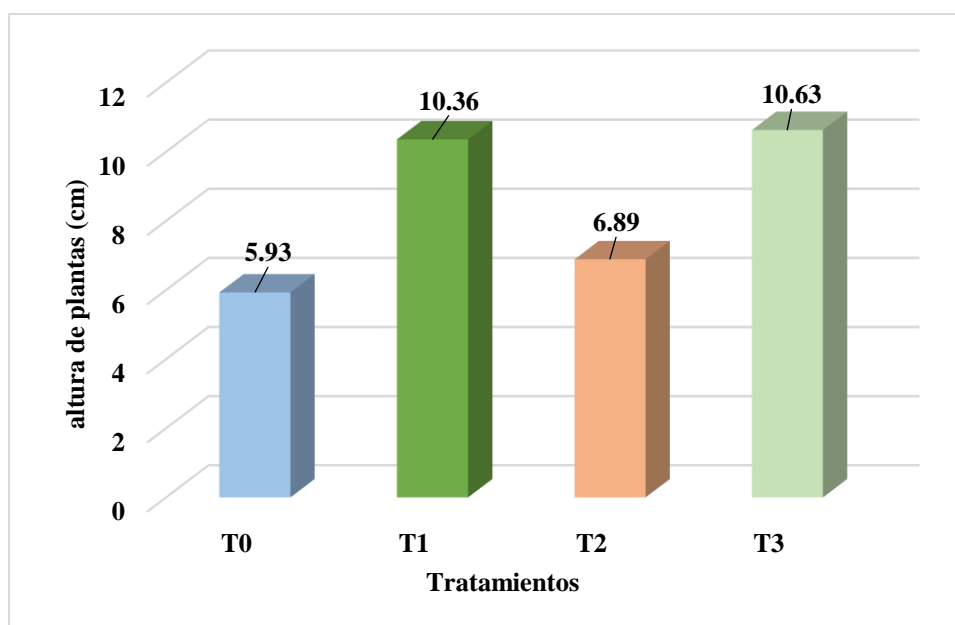


Gráfico 1. Promedio de altura de plantas (cm) 3 meses después del repique.

Tabla 7: *Altura de plantas 6 meses después del repique (cm)*

FV	G.L.	S.C.	C.M.	F	Ft	Sig.
Bloques	3	5.77	1.92	1.15	3.86	NS
Tratamiento	3	1018.49	339.5	203.79		*
Error	9	14.99	1.67			
Total	15	1039.26				
C.V. =	5.1 %			Media =	25.27	

En la tabla 7 del análisis de varianza, se observa que no existen diferencias estadísticas significativas entre los bloques. Sin embargo, se demuestra que existen diferencias estadísticas significativas entre los promedios de los tratamientos en la altura de plantas (6 meses ddr) cuando el nivel de significación es 0.05.

Tabla 8: Prueba de comparación de medias de Duncan ($\alpha=5\%$), para altura de plantas 6 meses después del repique

Tratamiento	Promedio de altura (cm)	Significancia
T3 (<i>T. viride</i> + <i>T. harzianum</i> + NPK)	32.88	A
T1 (<i>T. viride</i> + <i>T. harzianum</i>)	32.32	A
T2 (NPK)	22.38	B
T0 (testigo)	13.49	C

En la tabla 8 de la prueba de comparación de medias de Duncan, se determina que los promedios de los tratamientos T3 (*T. viride* + *T. harzianum* + NPK), T2 (NPK) y T1 (testigo) son diferentes estadísticamente.

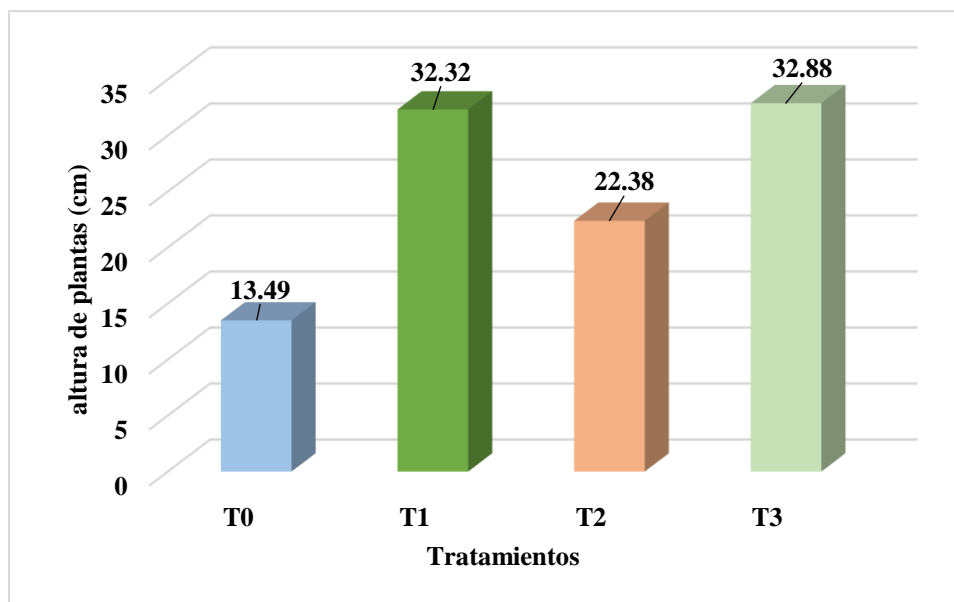


Gráfico 2. Promedio de altura de plantas (cm) 6 meses después del repique.

4.1.2. Peso radicular y materia verde

Tabla 9: *Peso radicular fresco (g)*

FV	G.L.	S.C.	C.M.	F	Ft	Sig.
Bloques	3	106.25	35.42	2.39	3.86	NS
Tratamiento	3	487.26	162.42	10.95		*
Error	9	133.44	14.83			
Total	15	726.96				
C.V. =	18.5 %			Media =	20.86	

En la tabla 9 del análisis de varianza, se determina que no existen diferencias estadísticas significativas entre los bloques. En cambio, existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos cuando el nivel de significación es 0.05.

Tabla 10: *Prueba de comparación de medias de Duncan ($\alpha=5\%$), para el peso radicular fresco*

Tratamiento	Promedio de peso radicular (g)	Significancia
T1 (<i>T. viride</i> + <i>T. harzianum</i>)	27.09	A
T3 (<i>T. viride</i> + <i>T. harzianum</i> + NPK)	23.13	A
T2 (NPK)	21.19	A
T0 (testigo)	12.04	B

En la tabla 10 de la prueba de comparación de medias de Duncan, se observa el T1 (*T. viride* + *T. harzianum*) no tiene diferencias significativas con relación al promedio del peso radicular con los tratamientos T3 (*T. viride* + *T. harzianum* + NPK) y T2 (NPK), pero si existen diferencias significativas con el T0 (testigo).

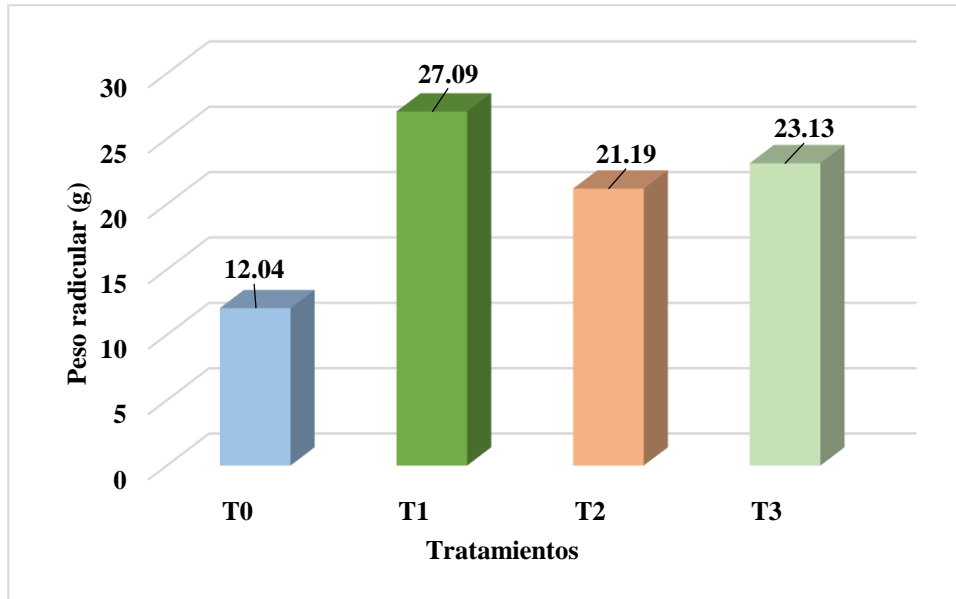


Gráfico 3. Promedio del peso radicular fresco (g).

Tabla 11: *Materia verde (g)*

FV	G.L.	S.C.	C.M.	F	Ft	Sig.
Bloques	3	71.96	23.99	0.81	3.86	NS
Tratamiento	3	1544.87	514.96	17.49		*
Error	9	264.93	29.44			
Total	15	1881.76				
C.V. =	21.2 %			Media =	25.58	

En la tabla 11 del análisis de varianza, cuando el nivel de significación es 0.05, se observa que no existen diferencias estadísticas significativas entre los bloques; sin embargo, se demuestra que si existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos.

Tabla 12: Prueba de comparación de medias de Duncan ($\alpha=5\%$), para la materia verde

Tratamiento	Promedio de materia verde (g)	Significancia
T3 (<i>T. viride</i> + <i>T. harzianum</i> + NPK)	35.03	A
T1 (<i>T. viride</i> + <i>T. harzianum</i>)	34.42	A
T2 (NPK)	21.53	B
T0 (testigo)	11.35	C

En la tabla 12 de la prueba de comparación de medias de Duncan, se determina que el T3 (*T. viride* + *T. harzianum* + NPK) mostró un mayor promedio en materia verde, seguido por el T2 (NPK) y T0 (testigo), demostrando que existen diferencias significativas entre ellos.

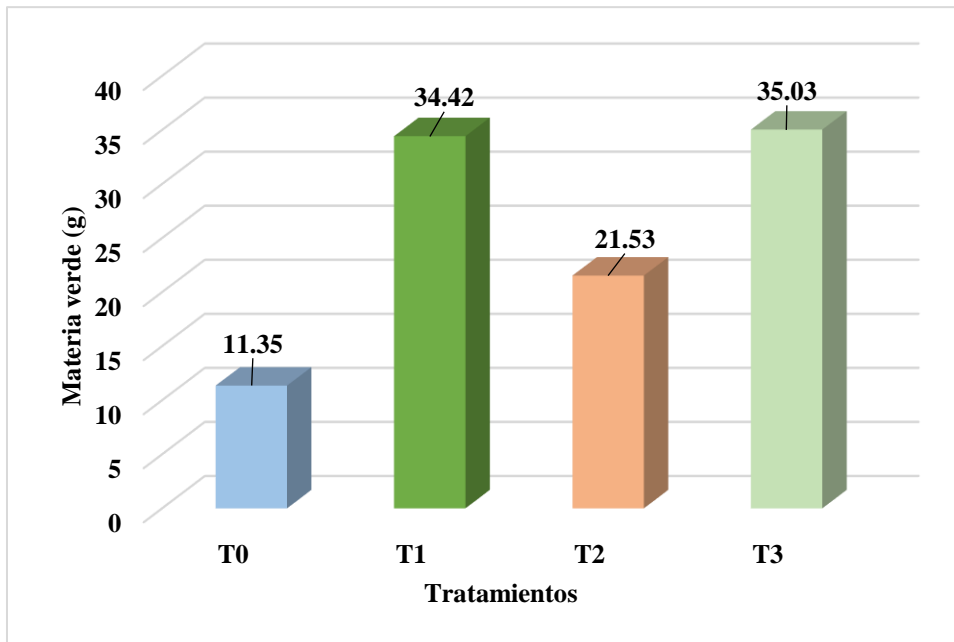


Gráfico 4. Promedio de materia verde (g).

4.1.3. Área foliar

Tabla 13: Área foliar (cm²)

FV	G.L.	S.C.	C.M.	F	Ft	Sig.
Bloques	3	74.69	24.9	0.38	3.86	NS
Tratamiento	3	5675.17	1891.72	28.52		*
Error	9	597	66.33			
Total	15	6346.86				
C.V. =	14.4 %			Media =	56.66	

En la tabla 13 del análisis de varianza, se determina que no existen diferencias estadísticas significativas entre los bloques, pero se demuestra que existen diferencias estadísticas significativas entre los promedios de los tratamientos en el área foliar de paltos, cuando el nivel de significación es 0.05.

Tabla 14: Prueba de comparación de medias de Duncan ($\alpha=5\%$), para el área foliar

Tratamiento	Promedio de área foliar (cm ²)	Significancia
T3 (<i>T. viride</i> + <i>T. harzianum</i> + NPK)	76.8	A
T1 (<i>T. viride</i> + <i>T. harzianum</i>)	71.8	A
T2 (NPK)	48.1	B
T0 (testigo)	30	C

En la tabla 14 de la prueba de comparación de medias de Duncan, se observa que el T3 (*T. viride* + *T. harzianum* + NPK) y el T1 (*T. viride* + *T. harzianum*) muestran el mayor promedio de área foliar pero no existen diferencias significativas entre ambos tratamientos; sin embargo, existen diferencias significativas frente al T2 (NPK) y T0 (testigo).

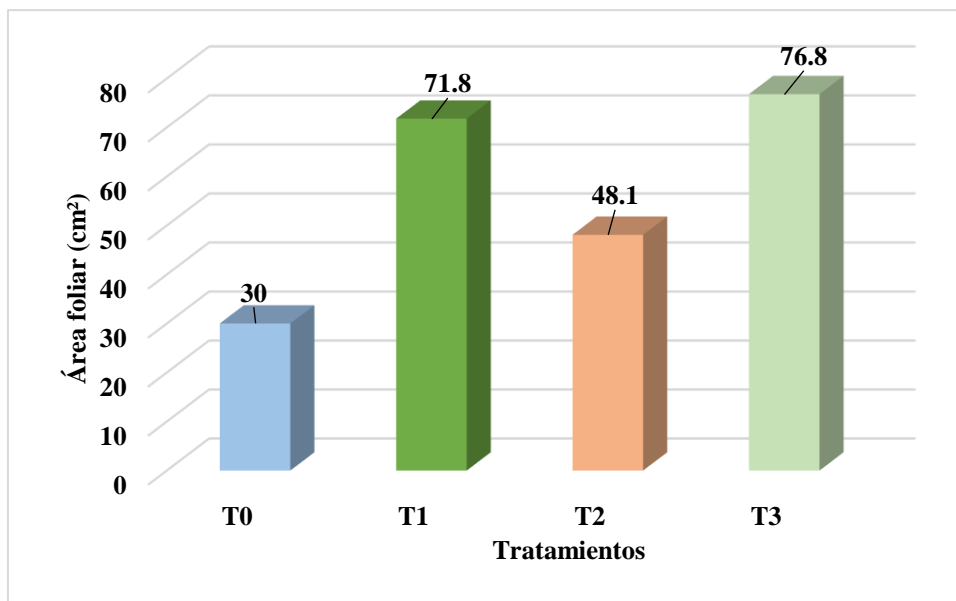


Gráfico 5. Promedio de área foliar (cm²).

4.1.4. Materia seca

Tabla 15: *Materia seca (%)*

FV	G.L.	S.C.	C.M.	F	Ft	Sig.
Bloques	3	15.70	5.23	1.07	3.86	NS
Tratamiento	3	319.99	106.7	21.78		*
Error	9	44.06	4.9			
Total	15	379.75				
C.V. =	8.03 %			Media =	27.58	

En la tabla 15 del análisis de varianza, cuando el nivel de significación es 0.05, se indica la inexistencia de diferencias estadísticas significativas entre bloques; sin embargo, se demuestra que existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos.

Tabla 16: Prueba de comparación de medias de Duncan ($\alpha=5\%$), para el contenido de materia seca

Tratamiento	Promedio de materia seca (%)	Significancia
T3 (<i>T. viride</i> + <i>T. harzianum</i> + NPK)	31.8	A
T1 (<i>T. viride</i> + <i>T. harzianum</i>)	31.5	A
T2 (NPK)	26	B
T0 (testigo)	21	C

En la tabla 16 de la prueba de comparaciones de medias según Duncan, se observa que existen diferencias estadísticas entre los tratamientos: T3 (*T. viride* + *T. harzianum* + NPK), T2 (NPK) y T0 (testigo).

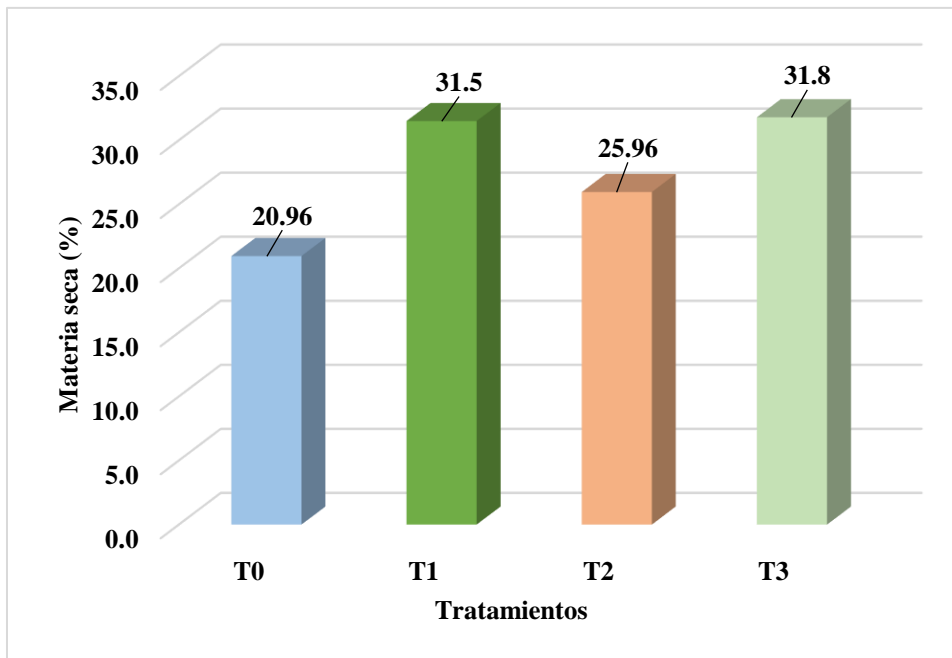


Gráfico 6. Promedio de materia seca (%).

4.2. DISCUSIONES

Con relación al crecimiento de las plantas los tratamientos que expresaron mejores resultados fueron el T1 (*T. viride* + *T. harzianum*) y T3 (*T. viride* + *T. harzianum* + NPK) los cuales contenían los hongos antagonistas. Guigón y González (2004) encontraron que las cepas de *Trichoderma sp.* promovieron el crecimiento de plantas de chile (*Capsicum annum*) en invernadero, el cual promovió un 30% la altura, 20% más hojas, 30% área foliar más abundante, tallos en un 15% más robustos y 60 y 38% más biomasa en raíz y brotes respectivamente. Además, Donoso *et al.* (2008), reportan que *T. harzianum* estimula el crecimiento de plántulas de *Pinus radiata*, y una mezcla de éste con perlita y composta, da incrementos significativos en altura, biomasa y desarrollo del sistema radicular. Mahato *et al.* (2018) mencionan que cuando *Trichoderma* y N P K son acompañados con materia orgánica, el crecimiento y rendimiento son parámetros que muestran valores más altos.

Rojas (2014) demostró que el tratamiento con *Trichoderma* tuvo un efecto significativo sobre el crecimiento y producción de raíces en el cultivo de tomate, por otro lado, Andrade (2012) menciona que *T. harzianum* es un excelente estimulador del crecimiento de raíces y raicillas razón por la cual la planta de mora se ve beneficiada ya que se obtuvo mayor peso por planta en aquellas que habían sido inoculadas por el hongo. Acurio y España (2017) en un estudio concluyeron que *T. harzianum* y *T. viride* favorece el crecimiento de pasturas asociadas de Raygrass y Trébol Blanco aumentando el rendimiento con respecto a la materia verde y materia seca.

Las plantas que fueron sometidas al T1 (*T. viride* + *T. harzianum*) y T3 (*T. viride* + *T. harzianum* + NPK) mostraron mayor área foliar, concuerda con Camargo y Ávila (2014) que destacan que las plantas de arvejas sometidas a tratamientos con hongos antagonistas aumentan hasta en un 45% el área foliar, mostrando un incremento significativo con respecto a otros tratamientos. Mientras Cupull *et al.* (2003) en el cultivo de café, determinaron que los tratamientos en que se aplicó

Trichoderma, el número de hojas obtuvieron diferencias significativas con respecto a los testigos, observándose un efecto bioestimulante de este hongo, desde la etapa de germinación hasta la etapa de desarrollo y crecimiento de la planta.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Se determinó que los tratamientos con los hongos antagonistas (*Trichoderma viride* y *Trichoderma harzianum*) expresaron mayores índices en el crecimiento de palto, superando incluso en más de 2.3 veces en altura a las plantas del testigo.
- Se observó que con la aplicación de hongos antagonistas se obtienen mejores resultados en todos los parámetros (altura de planta, área foliar, materia seca, etc.) en comparación a solo aplicar fertilizantes sintéticos en el proceso de propagación botánica de las plantas palto.
- Se determinó que, para los parámetros como altura de planta, materia verde, área foliar y materia seca, el tratamiento que combina los hongos antagonistas (*Trichoderma viride* y *Trichoderma harzianum*) y fertilizantes sintéticos (NPK) expresa mayores valores en comparación a los demás tratamientos, por el cual se concluye que existe compatibilidad en el uso combinado de estos promotores de crecimiento.
- Se demostró que el T1 (*Trichoderma viride* + *Trichoderma harzianum*) mostró mayores valores en área foliar y materia seca con relación al testigo, incrementando en un 139.3% y 50% respectivamente en dichos parámetros.

5.2. RECOMENDACIONES

- Emplear hongos antagonistas en los primeros meses del proceso de propagación de palto u otros cultivos, ya que se ha demostrado que durante ese tiempo el uso de hongos antagonistas tiene mejores efectos en la planta que usar fertilizantes sintéticos, de esa manera se contribuye a minimizar el uso de productos sintéticos y a disminuir la contaminación y degradación del suelo.
- Realizar estudios de investigación con el uso de hongos antagonistas u otros microorganismos promotores de crecimiento en combinación con fertilizantes sintéticos, pero con diferentes niveles de fertilización, para poder encontrar mayor compatibilidad entre estos productos y mejorar el aprovechamiento de los nutrientes del suelo.
- Estudiar los efectos de los mecanismos de acción de hongos antagonistas del género *Trichoderma* en diversos cultivos en el Callejón de Huaylas.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- Acurio Vásconez, R. D., & España Imbaquingo, C. K. (2017). AISLAMIENTO, CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE *Trichoderma* spp. COMO PROMOTOR DE CRECIMIENTO VEGETAL EN PASTURAS DE RAYGRASS (*Lolium perenne*) Y TRÉBOL BLANCO (*Trifolium repens*). *CIENCIAS AGROPECUARIAS*, 25(1), 53–61. <https://doi.org/doi.org/10.17163/lgr.n25.2017.05>
- Agamez Ramos, E. Y., Zapata Navarro, R. I., Oviedo Zumaqué, L. E., & Barrera Violeth, J. L. (2008). Evaluación de sustratos y procesos de fermentación sólida para la producción de esporas de *Trichoderma* sp. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 10(2), 23–34.
- Altomare, C., Norvell, W. A., BJORCKMAN, T., & Harman, G. E. (1999). Solubilization of Phosphates and Micronutrients by the Plant-Growth-Promoting and Biocontrol Fungus *Trichoderma harzianum* Rifai 1295-22. *APPLIED AND ENVIRONMENTAL MICROBIOLOGY*, 65(7), 2926–2933.
- Alva Garro, E., & Quispe Talla, Á. N. (2009). TECNOLOGÍA DE CONSERVACIÓN Y VENTAJAS COMPETITIVAS DE LAPULPA DE PALTA, PRODUCIDA EN EL CALLEJÓN DE HUAYLAS, COMO MATERIA PRIMA PARA LA INDUSTRIA. *Aporte Santiaguino*, 2(1).
- Andrade Montalvo, C. M. (2012). “EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA APLICACIÓN DE *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma viride* PARA EL CONTROL DE MARCHITEZ EN MORA DE CASTILLA (*Rubus glaucus Benth*) EN EL CANTÓN PILLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.” ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.
- Añón, D., Levitán, A., & Tarino, R. (2004). *EVALUACIÓN DE DIFERENTES DOSIS DE FERTILIZACIÓN EN LA PRODUCCIÓN DE PLANTINES DE Pinus Taeda L. CRECIENDO EN SUSTRATO COLONIZADO POR Trichoderma harzianum*. (Vol. 1). Universidad de la República.
- Armando Romero, C., Urrego Vargas, E., & Acosta Reátegui, J. M. (2017). La palta peruana, una coyuntura favorable. *MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO*.

- Benítez, T., Rincón, A. M., Limón, M. C., & Codón, A. C. (2004). Biocontrol mechanism of Trichoderma strains. *International Microbiology: The Official Journal of the Spanish Society for Microbiology*, 7(4), 249–260.
- Bernal E., J. A., Diaz D., C. A., Tamayo V., A., Cordoba G., O. de J., Lodoño Z., M. E., Tamayo M., P. J., & Lodoño B., M. (2008). Tecnología para el Cultivo del Aguacate. In *Tecnología para el cultivo del aguacate*. Centro de investigación La Selva rionegro.
- Brotman, Y., Gupta, K., & Viterbo, A. (2010). Trichoderma. *Biología Actual: CB*, 20(1), R390. <https://doi.org/biología actual: CB>
- Buendia Molina, M. A. (2015). Cultivo, producción y comercialización de paltos. In *Macro* (1st ed.).
- Camargo Cepeda, D. F., & Ávila, E. R. (2014). Efectos del Trichoderma sp. sobre el crecimiento y desarrollo de la arveja (*Pisum sativum* L.). *Ciencia Y Agricultura*, 11(1), 91. <https://doi.org/10.19053/01228420.3492>
- Carlini, B. (2003). PRODUCCION Y COMERCIALIZACION DE LA PALTA PERUANA. *Congreso Mundial Del Aguacate (Resúmenes)*, 132–133.
- Castro, M., Fassio, C., & Darrouy, N. (2009). *Portainjertos de aguacate en Chile* (62nd ed.). Universidad Católica de Valparaíso.
- Castro Toro, Á. M., & Rivillas Osorio, C. A. (2012). Trichoderma spp. Modos de acción, eficacia y usos en el cultivo de café. *Cenicafé*, 38, 31.
- Collao Argandoña, Y. S. (1998). *ESTIMACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS HÍDRICOS EN VIVERO DE PALTOS INJERTADOS (Persea americana Mill.) cv. Hass*.
- Cupull Santana, R., Andreu Rodríguez, C. M., Pérez Navarro, C., Delgado Pérez, Y., & Cupull Santana, M. (2003). Efecto de Trichoderma viride como Estimulante de la Germinación, en el Desarrollo de Posturas de Cafetos y el Control de Rhizoctonia solani Kuhn. *Centro Agrícola*, 1, 21–25.
- Devi, M., & Paul, Y. S. (2011). Influence of soil factors on population dynamics of bioagent - Trichoderma harzianum. *Indian Phytopathological Society*, 61(1), 557–559.

<https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=DJ2012074926>

- Donoso, E., Lobos, G. A., & Rojas, N. (2008). Efecto de *Trichoderma harzianum* y compost sobre el crecimiento de plántulas de *Pinus radiata* en vivero. *Bosque*, 29(1), 52–57. <https://doi.org/10.4067/s0717-92002008000100006>
- Escobedo Solórzano, V. (2009). ESTUDIO DE PROPAGACIÓN CLONAL POR ESQUEJES DEL PORTAINJERTO DE PALTO ‘DUKE’ (*Persea americana* Mill.) UTILIZANDO BROTES ETIOLADOS Y CÁMARAS HÚMEDAS INDIVIDUALES. *Universidad Nacional Agraria La Molina*, 76.
- Espín Chico, M. C. (2012). “VALIDACIÓN DE LOS COMPONENTES TECNOLÓGICOS LIMPIO Y ORGÁNICO, CON Y SIN TRICHODERMA PARA EL MANEJO DEL CULTIVO DE MORA DE CASTILLA (*Rubus glaucus* Benth) EN EL CANTÓN CEVALLOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.”
- FAO. (2008). Alternatives to replace methyl bromide for soil-borne pest control in East and Central Europe. *FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS*, 104.
- Galeano, M., F., M., & A., U. (2002). EFECTO DE TRICHODERMA HARZIANUM RIFAI (CEPA T-22) SOBRE CULTIVOS HORTÍCOLAS. *Departamento I+D. KoppertBiologicalSystems*, 65, 1–10.
- Gómez Ramírez, H., Soberanis Ramírez, W., Tenorio Cantoral, M., & Torres Del Aguila, E. (2013). MANUAL DE PRODUCCIÓN Y USO DE HONGOS ANTAGONISTAS. *Servicio Nacional de Sanidad Agraria SENASA*, 34.
- Guigón López, C., & González González, P. A. (2004). Selección de Cepas Nativas de *Trichoderma* spp. con Actividad Antagónica sobre *Phytophthora capsici* Leonian y Promotoras de Crecimiento en el Cultivo de Chile (*Capsicum annum* L.). *Revista Mexicana de Fitopatología*, 22(1), 117–124.
- Harman, G. E. (2002). *Trichoderma* spp., Incluyendo *T. harzianum*, *T. viride*, *T. koningii*, *T. hamatum* y otras spp. *Deuteromicetos, Moniliales (sistema de clasificación asexual)*. Cornell

- University: College of Agriculture and Life Sciences, Geneva, NY 14456. <https://biocontrol.entomology.cornell.edu/pathogens/trichoderma.php>
- Harman, G. E. (2006). Overview of mechanisms and uses of *Trichoderma* spp. *Phytopathology*, 96(2), 190–194. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-96-0190>
- Howell, C. R. (2003). Mechanisms Employed by *Trichoderma* Species in the Biological Control of Plant Diseases: *Plant Disease*, 87(1).
- Instituto Colombiano Agropecuario ICA. (2009). *Manual técnico cultivo de aguacate*. 31. <https://sioc.minagricultura.gov.co/Aguacate/Documentos/005 - Documentos Técnicos/005 - D.T - Paquete Tecnológico Aguacate.pdf>
- Izaguirre Mayoral, M. L., Labandera, C., & Sanjuan, J. (2007). *BIOFERTILIZANTES EN IBEROAMÉRICA: UNA VISIÓN TÉCNICA, CIENTÍFICA Y EMPRESARIAL*. (Primera).
- Jiménez, C., N. Sanabria, de A., G., A., & M., A. (2011). Efecto de *Trichoderma harzianum* (Rifai) sobre el crecimiento de plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum* L.). *Revista de La Facultad de Agronomía de La Universidad Del Zulia*, 28(1), 1–10.
- Kredics, L., Antal, Z., Manczinger, L., Szekeres, A., Kevei, F., & Nagy, E. (2003). Influence of Environmental Parameters on *Trichoderma* Strains with Biocontrol Potential László. *Food Technology and Biotechnology*, 41(1), 37–42.
- Leal Almanza, J., Gutiérrez Coronado, M. A., Castro Espinoza, L., Lares Villa, F., Cortes Jiménez, J. M., & De los Santos Villalobos, S. (2018). MICROORGANISMOS PROMOTORES DE CRECIMIENTO VEGETAL CON YESO AGRÍCOLA EN PAPA (*Solanum tuberosum* L.) BAJO CASA SOMBRA. *Agroagencia*, 52, 1149–1159.
- Lemus S., G., Ferreyra E., R., Gil M., P., Maldonado B., P., Toledo G., C., Barrera M., C., & Celedón de Andraca, J. M. (2005). El Cultivo del Palto. *INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS - MINISTERIO DE AGRICULTURA CHILE*, 129(2), 76.
- Lira Saldivar, R. H., & Méndez Arguello, B. (2016). *AGRONANO TECNOLOGÍA: NUEVA FRONTERA DE LA REVOLUCIÓN VERDE*.

- Mahato, S., Bhujju, S., & Shrestha, J. (2018). EFFECT OF TRICHODERMA VIRIDE AS BIO-FERTILIZER ON GROWTH AND YIELD OF WHEAT. *Malaysian Journal of Sustainable Agriculture*, 2(2), 01–05. <https://doi.org/10.26480/mjsa.02.2018.01.05>
- Mahomed, W., & van den Berg, N. (2011). EST sequencing and gene expression profiling of defence-related genes from *Persea americana* infected with *Phytophthora cinnamomi*. *BMC Plant Biology*, 11(1), 167.
- Maradiaga, R. (2017). MANUAL TÉCNICO PARA EL MANEJO DE VIVEROS CERTIFICADOS DE AGUACATE. *Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria (DICTA)*, 68. <http://repositorio.iica.int/bitstream/11324/3146/1/BVE17079152e.pdf>
- Mejía Vélez, E. (2011). Aguacate: *Persea americana* Miller. *Monografía de Cultivos: Bayer CropScience*, 45. https://www.cropscience.bayer.co/~media/Bayer_CropScience/Peruvian/Country-Colombia-Internet/Pdf/Cartilla-AGUACATE.ashx?la=es-CO
- Ministerio de Agricultura - Dirección General de Información Agraria. (2008). *Estudio de palta en el Perú y el Mundo*. 23.
- Mohiddin, F. A., Khan, M. R., Khan, S. M., & Bhat, B. H. (2010). Why Trichoderma is considered super hero (super fungus) against the evil parasites? *Journal Plant Pathology*, 9(3), 92–102.
- Molla, A. H., Manjurul Haque, M., Amdadul Haque, M., & Ilias, G. N. M. (2012). Trichoderma-Enriched Biofertilizer Enhances Production and Nutritional Quality of Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) and Minimizes NPK Fertilizer Use. *Agricultural Research*, 1(3), 265–272. <https://doi.org/10.1007/s40003-012-0025-7>
- Mora Montero, J., & Acuña Chaves, J. (2015). Curso Producción de Aguacate de Bajura. *Instituto Nacional de Innovación y Transferencia En Tecnología Agropecuaria*, 84. <http://www.platicar.go.cr/images/buscador/documents/pdf/07/00557-memoria-curso-aguacate-final-enero-2016.pdf>
- Nampoothiri, K. M., Baiju, T. V., Sandhya, C., Sabu, A., Szakacs, G., & Pandey, A. (2004). Process optimization for antifungal chitinase production by *Trichoderma harzianum* K. *Process Biochemistry*, 39(11), 1583–1590. [https://doi.org/10.1016/S0032-9592\(03\)00282-6](https://doi.org/10.1016/S0032-9592(03)00282-6)
- Orietta Fernández, L. vega. (2001). *Microorganismos antagonistas para el control fitosanitario*.

62, 96–100.

- Porras Payano, C. (2006). PRODUCCIÓN DE PLANTONES DE PALTO. *INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN AGRARIA*, 8(06), 20. <http://scanprogram.org/wp-content/uploads/2012/08/DIPTICO-4-n-.pdf>
- Quiroz Braco, A. A. A. (2018). *INFLUENCIA EN EL RENDIMIENTO Y CALIBRES DE TRES PATRONES (ASHDOT, DEGANYA, FERCHILD) SOBRE UNA MISMA VARIEDAD EN PALTO - HASS (Persea americana Mill) (tesis de pregrado)*. UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO.
- Ramírez Gil, J. G., Castañeda Sánchez, D. A., & Morales Osorio, J. G. (2014). Estudios etiológicos de la marchitez del aguacate en Antioquia-Colombia. *Revista Ceres*, 61(1), 50–61.
- Rojan, P. J., Tyagi, R. D., Prévost, D., Satinder, K. B., Pouleur, S., & Surampalli, R. Y. (2010). Mycoparasitic *Trichoderma viride* as a biocontrol agent against *Fusarium oxysporum* f. sp. *adzuki* and *Pythium arrhenomanes* and as a growth promoter of soybean. *Crop Protection*, 29(12), 1452–1459. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2010.08.004>
- Rojas Amaya, N. A. (2014). *EFFECTO DE Trichoderma harzianum SOBRE EL FRUTO DE TOMATE BAJO MACROTÚNEL; EL TEJAR, CHIMALTENANGO* [UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR]. <http://biblio3.url.edu.gt/Tesario/2014/06/02/Rojas-Noe.pdf>
- Rubio, M. B., Hermosa, R., Vicente, R., Gómez-acosta, F. A., Morcuende, R., Monte, E., & Bettioli, W. (2017). The Combination of *Trichoderma harzianum* and Chemical Fertilization Leads to the Deregulation of Phytohormone Networking, Preventing the Adaptive Responses of Tomato Plants to Salt Stress. *Frontiers in Plant Science*, 8, 1–14. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00294>
- SENASA. (2018). *Áncash: MINAGRI certifica más de 4500 toneladas de palta Hass para exportación*. <https://www.senasa.gob.pe/senasacontigo/ancash-minagri-certifica-mas-de-4500-toneladas-de-palta-hass-para-exportacion/>
- El Servicio Nacional de Sanidad Agraria. (2020). Agricultores de palta Hass de Áncash posicionan sus productos en mercados internacionales. *Agraria.Pe*. <https://agraria.pe/noticias/agricultores-de-palta-hass-de-ancash-posicionan-sus-producto-21425>

- Sharma, P., & Gothwal, R. (2017). Trichoderma: A Potent Fungus as Biological Control Agent. In *Agro-Environmental Sustainability*. https://doi.org/10.1007/978-3-319-49724-2_6
- SOLAGRO. (2018). Senasa promueve uso de control biológico para la Palta Hass. *Solagro - Soluciones Agrosostenibles*. <https://solagro.com.pe/blog/senasa-promueve-uso-de-control-biologico-para-la-palta-hass/>
- Soluciones Agrícolas y Medioambientales. (s.f.). *PRODUCTOS RELACIONADOS CON EL COMPOSTAJE MICROBIOLÓGICO CONTROLADO(CMC): Microorganismos*. <http://www.samsoluciones.es/categorias/productos/bioestimulantes/>
- Stewart, A., & Hill, R. (2014). *Biotecnología y biología de Trichoderma: Capítulo 31 - Aplicaciones de Trichoderma en la promoción del crecimiento vegetal*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-444-59576-8.00031-X>
- Sutton, J., & Peng, G. (1993). Biocontrol of Botrytis cinerea in Strawberry leaves. *The American Phytopathological Society*, 83(6), 615–621. <https://doi.org/10.1094/phyto-83-615>
- Téliz, D. coord. (2007). *El aguacate y su manejo integrado* (2nd ed.). Mundi-Prensa.
- Toledo Cerpa, J. P. (1996). *Aproximación a los requerimientos hidricos en vivero de portainjertos de palto (Persea americana Mill) cv. Mexicola*. 32.
- Valero, N. (2007). Determinación del valor fertilizante de microorganismos solubilizadores de fosfato en cultivos de arroz. *Potencial Biotecnológico de Microorganismos En Ecosistemas Naturales y Agroecosistemas*. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 169–183.
- Velázquez Martí, B., Jordá, C., Marzal, A., & Osca, J. M. (2003). Estudio de la viabilidad de la eliminación de semillas de malas hierbas en el suelo por radiación de microondas. *Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas*, 29(1), 54–62.
- Vera, D. F., Perez, H., & Valencia, Y. H. (2002). AISLAMIENTO DE HONGOS SOLUBILIZADORES DE FOSFATOS DE LA RIZOSFERA DE ARAZÁ (*Eugenia stipitata*, Myrtaceae). *Acta Biológica Colombiana*, 7(1), 33–40.
- Verma, M., Brar, S., Tyagi, R. D., Surampalli, R. Y., & Valéro, J. R. (2007). Antagonistic fungi, *Trichoderma* spp.: Panoply of biological control. *Biochemical Engineering Journal*, 37(1),

1–20. <https://doi.org/10.1016/j.bej.2007.05.012>

Yedidia, I., Srivastva, A. K., Kapulnik, Y., & Chet, I. (2001). Effect of *Trichoderma harzianum* on microelement concentrations and increased growth of cucumber plants. *Plant and Soil*, 235(2), 235–242. <https://doi.org/10.1023/A:1011990013955>

VII. ANEXO

Tabla 17: Costo de producción en la propagación de palto para condiciones del experimento

COSTO DE PRODUCCIÓN EN PROPAGACIÓN DE PALTO PARA CONDICIONES DEL EXPERIMENTO					
Rubro	uni- dad	canti- dad	Costo unita- rio S/.	Costo total (S/.)	
				192 plan- tas	1000 plan- tas
COSTOS DIRECTOS				947	4930.8
I. MANO DE OBRA				655	3419.9
1. INFRAESTRUCTURA				200	1050
Construcción de vivero	global	1	200	200	1050
2. SIEMBRA				210	1093.8
Desinfección de semillas	jornal	1	35	35	182.3
Siembra	jornal	1	35	35	182.3
Preparación y desinfección de sustrato	jornal	2	35	70	364.6
Llenado de bolsas	jornal	1	35	35	182.3
Repique	jornal	1	35	35	182.3
3. LABORES AGRÍCOLAS				245	1276.1
Deshierbo	jornal	1	35	35	182.3
Riego	jornal	2	35	70	364.6
Fertilización	jornal	1	35	35	182.3
Aplicaciones	jornal	2	35	70	364.6
Poda	jornal	1	35	35	182.3
II. INSUMOS				242	1250.5
Semillas	unidad	200	0.5	100	520.8
Hongos antagonistas	Kg	3.2	15	48	250
Benlate	Kg	0.25	100	25	130.2
Fertilizantes (nitrato de amonio, fosfato di amónico y cloruro de potasio)	Kg	3	3	9	46.9
Aceite agrícola	L	1	30	30	156.3
Otros					
Bolsas de polietileno	ciento	2	15	30	146.3
III. SERVICIOS				50	260.4
Derecho de uso de agua	global	1	50	50	260.4
COSTOS INDIRECTOS				96.96	504.8
Gastos administrativos (5% CD)				48.48	252.4
Gastos generales (5% CD)				48.48	252.4
COSTOS TOTAL				1043.96	5435.6

Tabla 18: *Primera evaluación de altura de planta*

Trat.	bloque			
	I	II	III	IV
T0	6.35	5.98	5.48	5.9
T1	9	9.96	11.6	10.88
T2	7.03	6.54	6.88	7.12
T3	10.35	10.2	10.59	11.39

Tabla 19: *Segunda evaluación de altura de planta*

Trat.	bloque			
	I	II	III	IV
T0	12.98	13.96	14.43	12.61
T1	32.3	32.46	34.49	30.04
T2	22.4	21.27	23.06	22.81
T3	31.08	32.58	33.13	34.73

Tabla 20: *Evaluación de peso radicular fresco*

Trat.	bloque			
	I	II	III	IV
T0	10.83	11.69	13.67	11.97
T1	19.85	27.08	27.29	34.13
T2	20.96	21.18	25.91	16.72
T3	15.15	24.19	27.7	25.46

Tabla 21: *Evaluación de materia verde*

Trat.	bloque			
	I	II	III	IV
T0	14.48	9.94	9.55	11.44
T1	31.29	28.67	42.57	35.15
T2	23.97	19.11	26.02	17
T3	24.7	41.4	38.5	35.5

Tabla 22: *Evaluación para área foliar*

Trat.	bloques	peso discos (g)	peso total hojas (g)
T0	B I	0.5	11.4
	B II	0.45	6.75
	B III	0.48	6.71
	B IV	0.48	7.73
T1	B I	0.54	21.1
	B II	0.43	18.32
	B III	0.54	22.55
	B IV	0.57	22.23
T2	B I	0.51	15.04
	B II	0.49	12.74
	B III	0.57	17.17
	B IV	0.49	11.39
T3	B I	0.44	15.43
	B II	0.51	25.89
	B III	0.49	22.1
	B IV	0.49	21.04
área del disco = $\pi r^2 = 1.77 \text{ cm}^2$			

Tabla 23: Evaluación para materia seca

Trat.	bloques	MASA seca (g)	MASA verde (g)
T0	B I	5.61	25.31
	B II	4.23	21.63
	B III	4.39	23.22
	B IV	5.43	23.41
T1	B I	16.9	51.14
	B II	18.6	55.75
	B III	20.6	69.86
	B IV	20.9	69.28
T2	B I	10.9	44.93
	B II	9.5	40.29
	B III	14.3	51.93
	B IV	9.6	33.72
T3	B I	14.1	39.85
	B II	19.8	65.59
	B III	19.9	66.2
	B IV	19.3	60.96



Figura 1. Siembra en la cama de germinación.



Figura 2. Repique de plántulas.



Figura 3. Crecimiento de plántulas (1 mes ddr).



Figura 4. Hongos antagonistas.



Figura 5. Preparación de hongos antagonistas.



Figura 6. Fertilización.



Figura 7. Secado de muestras.



Figura 8. Discos foliares (medición de área foliar).



Figura 9. Visita del asesor al campo experimental.



Figura 10. Visita de los jurados.



Figura 11. Comparación entre tratamientos (T3, T2, T1 y T0).