

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA AGRÓNOMA



Empleo de microorganismos para incrementar masa radical en el cultivo de palto (*Persea americana* Mill.) variedad Hass valle Chao

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo

Autora

Pantoja Lozano, Silvana Mercí

Asesor

Sánchez Castillo, Danilo Pacifico

Código ORCID: 0000-0003-2025-6540

CHIMBOTE – PERÚ

2024

ÍNDICE GENERAL

Índice general.....	i
Índice de tablas.....	ii
Índice de figuras.....	iv
Palabras clave	v
Constancia de originalidad	vi
Título	vii
Resumen	viii
Abstrac	ix
Introducción	1
Metodología	8
Resultados	14
Análisis y discusión	32
Conclusiones	34
Recomendaciones	35
Referencias bibliográficas	38
Anexos	42

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tratamientos aplicados en el experimento.....	8
Tabla 2. Kruskal-Wallis para comparar los tratamientos de los datos de la evaluación de N° Brotes (ADA).....	14
Tabla 3. Prueba del Anova para la comparación de los datos de la evaluación de Altura (ADA).....	14
Tabla 4. Anova para la comparación de los datos de la evaluación de Diámetro tallo (ADA).....	15
Tabla 5. Duncan para determinar la diferencia de Diámetro tallo (ADA).....	15
Tabla 6. Anova para la comparación de los datos de la evaluación de N° Brotes (DDA20).....	16
Tabla 7. Duncan para determinar la diferencia de N° Brotes (DDA20).....	16
Tabla 8. Anova para la comparación de los datos de la evaluación de Altura (DDA20).17	
Tabla 9. Anova para la comparación de los datos de la evaluación de Diámetro tallo (DDA20).....	17
Tabla 10. Duncan para determinar la diferencia de Diámetro tallo (DDA20).....	18
Tabla 11. Anova para la comparación de los datos de la evaluación de N° Brotes (DDA40).....	18
Tabla 12. Duncan para determinar la diferencia de N° Brotes (DDA40).....	19
Tabla 13. Anova para la comparación de los datos de la evaluación de Altura (DDA40).19	

Tabla 14. Duncan para determinar la diferencia de Altura (DDA40).....	20
Tabla 15. Anova para la comparación de los datos de la evaluación de Diámetro tallo (DDA40)	20
Tabla 16. Duncan para determinar la diferencia de Diámetro tallo (DDA40)	
Tabla 17. Anova para la comparación de los datos de la evaluación de N° Brotes (DDA60)	21
Tabla 18. Anova para la comparación de los datos de la evaluación de N° Brotes (DDA60)	22
Tabla 19. Anova para la comparación de los datos de la evaluación de Altura (DDA60).	22
Tabla 20. Anova para la comparación de los datos de la evaluación de Diámetro tallo (DDA60)	23
Tabla 21. Duncan para determinar la diferencia de Diámetro tallo (DDA60)	23
Tabla 22. Anova para la comparación de los datos de la evaluación de Numero de raíces activas (DDA60).....	24
Tabla 23. Promedios de Brotes radicales en el cultivo de palto con el empleo de microorganismos según fechas de evaluación.....	24
Tabla 24. Promedios de Altura (m) en el cultivo de palto con el empleo de microorganismos según fechas de evaluación	26
Tabla 25. Promedios de Diámetro de Tallo (cm) en el cultivo de palto con el empleo de microorganismos según fechas de evaluación.....	28
Tabla 26. Promedios de volumen radical (raíces activas) en el cultivo de palto con el empleo de microorganismos según tratamientos	30

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Proceso inicial de producción de microorganismos	9
Figura 2. Melaza para la reproducción de microorganismos	10
Figura 3. Tanque de fermentación para la producción de microorganismos	10
Figura 4. Proceso de inyección al sistema de riego	11
Figura 5. . Etapa de inyección al sistema de riego	11
Figura 6. Evaluación de diámetro, brotes y medición de altura de planta.	12
Figura 7. Evaluación del peso de raíces por m ² de suelo	13
Figura 8. Resultados en el enraizamiento	13
Figura 9. . Brotes en cultivo de palto empleando microorganismos	26
Figura 10. Promedio de altura de palto con empleo de microorganismos	28
Figura 11. Diámetro de tallo en palto empleando microorganismos	30
Figura 12. Raíces activas en palto con empleo de microorganismos	31

Palabras clave:

Microorganismos, masa radical, palto

Keywords

Microorganisms, radical mass, avocado

Línea de Investigación

Producción agrícola

Área

Ciencias agrícolas

Sub Área

Agricultura, silvicultura y pesca

Disciplina

Agricultura



USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El que suscribe, Vicerrector de Investigación de la Universidad San Pedro:

HACE CONSTAR

Que, de la revisión del trabajo titulado "**Empleo de microorganismos para incrementar masa radical en el cultivo de palto (Persea americana Mill.) variedad Hass valle Chao**" del (a) estudiante: **PANTOJA LOZANO SILVANA MERCI**, identificado(a) con Código N° **1117101571**, se ha verificado un porcentaje de similitud del **29%**, el cual se encuentra dentro del parámetro establecido por la Universidad San Pedro mediante resolución de Consejo Universitario N° 5037-2019-USP/CU para la obtención de grados y títulos académicos de pre y posgrado, así como proyectos de investigación anual Docente.

Se expide la presente constancia para los fines pertinentes.

Chimbote, 26 de diciembre de 2024

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

Dr. JAVIER MARTÍNEZ CARRIÓN
VICERRECTOR



NOTA: Este documento carece de valor si no tiene adjunta el reporte del Software TURNITIN.

TITULO

**Empleo de microorganismos para incrementar masa radical en el cultivo de palto
(*Persea americana* Mill.) variedad Hass valle Chao**

RESUMEN

Esta investigación fue motivada por su contribución tanto al medio ambiente como al bienestar de los agricultores, ya que prescinde del uso de fertilizantes sintéticos. La aplicación de microorganismos favorece el rendimiento del cultivo, así como el desarrollo integral de la planta, especialmente de su sistema radicular.

Se trata de una investigación de tipo experimental, llevada a cabo en campo, donde se realizaron las evaluaciones correspondientes. También se clasifica como aplicada, debido a la manipulación directa de las variables en estudio: los microorganismos y la masa radical en el cultivo de palto. El diseño experimental empleado fue de bloques completamente al azar, con tres tratamientos y tres repeticiones. Cada grupo experimental estuvo integrado por 10 plantas de palto, distribuidas en parcelas de 40 metros de largo por 4 metros de ancho. Los tratamientos fueron asignados aleatoriamente de la siguiente forma: T0 Testigo, T1 Microorganismos (10 l/200 l de agua), T2 Microorganismos (15 l/200 l de agua), T3 Microorganismos (20 l/200 l de agua).

Se concluyó que el tratamiento T3 (20 l/200 l de agua) fue el más efectivo, con un promedio de 29.11 brotes radicales, superando a los demás. En cuanto a la altura del palto, el tratamiento T2 alcanzó 3.47 m a los 60 días después de la aplicación (dda). Tanto el tratamiento T2 (15 l/200 l de agua) como el T3 (20 l/200 l de agua) registraron un promedio de 10.09 cm en el diámetro del tallo. En lo referente a la masa radical, el tratamiento T3 también fue el más destacado, con un promedio de 58.22 raíces activas a los 60 dda.

ABSTRACT

This research was motivated by its contribution to both the environment and the welfare of farmers, as it eliminates the use of synthetic fertilizers. The application of microorganisms enhances crop yield as well as the overall development of the plant, especially its root system. This is an experimental research study conducted in the field, where the appropriate evaluations were carried out. It is also classified as applied research, due to the direct manipulation of the variables under study: the microorganisms and the root mass in avocado cultivation. The experimental design used was completely randomized blocks, with three treatments and three replications. Each experimental group consisted of 10 avocado plants, distributed in plots that are 40 meters long by 4 meters wide.

The treatments were assigned randomly as follows: T0 Control, T1 Microorganisms (10 l/200 l of water), T2 Microorganisms (15 l/200 l of water), T3 Microorganisms (20 l/200 l of water). It was concluded that treatment T3 (20 l/200 l of water) was the most effective, with an average of 29.11 root sprouts, surpassing the others. Regarding the height of the avocado tree, treatment T2 reached 3.47 m at 60 days after application (dda). Both treatment T2 (15 l/200 l of water) and T3 (20 l/200 l of water) recorded an average of 10.09 cm in stem diameter. Regarding root mass, treatment T3 was also the most outstanding, with an average of 58.22 active roots at 60 dda.

I. I.INTRODUCCION

Torrientes (2024) en su estudio planteó como objetivo analizar el efecto de la aplicación de IHPlus® y EcoMic® en la producción de plantas de aguacate (*Persea americana* Mill.) durante su etapa en vivero. La investigación fue de tipo experimental y se diseñó bajo un esquema completamente al azar, empleando cuatro tratamientos. Estos incluyeron: un grupo testigo sin ningún producto aplicado, la aplicación de EcoMic® al 100% en una dosis de 10 g por bolsa, colocada debajo de la semilla en el momento de la siembra; la aplicación de IHPlus® al 100% en una dosis de 5 mL por bolsa en tres momentos —en la siembra, a los 30 días y a los 90 días—; y un tratamiento combinado de EcoMic® (50%) más IHPlus® (50%). Como resultado, el tratamiento combinado EcoMic® + IHPlus® evidenció un mejor desempeño en el crecimiento del diámetro del tallo, así como en el desarrollo de brotes en términos de cantidad, peso y materia seca de hojas, y en el peso fresco del sistema radicular. Estos hallazgos posicionan a este tratamiento como una alternativa eficiente para la producción de plantas de aguacate en vivero, permitiendo obtener plantas de buena calidad en menos tiempo y a un menor costo de producción.

Muñoz (2023) orientó su estudio a determinar el efecto biocontrolador de cepas de *Bacillus spp.* frente al hongo *Fusarium sp.* en condiciones de invernadero sobre el cultivo de tomillo. Para ello, se aplicó una metodología que incluyó el aislamiento del patógeno responsable de la marchitez vascular y las pérdidas en la producción, seguido de su identificación mediante claves taxonómicas. Además, se realizaron ensayos de antagonismo directo en placa, donde se midieron el radio de crecimiento de la colonia, el porcentaje de inhibición y la tasa de desarrollo. Finalmente, se ejecutaron pruebas en invernadero con plantas de tomillo, evaluadas cada cinco días durante un mes, utilizando una escala de severidad.

Los resultados mostraron que la mayor concentración de esporas de *Bacillus subtilis* (1×10^5) produjo un crecimiento bacteriano más rápido y extendido en los ensayos in vitro, permitiéndole cubrir eficazmente todo el medio de cultivo. Esta mayor concentración facilitó la formación de un halo de inhibición más amplio, dado que el biocontrolador se desplazaba con mayor rapidez e identificaba con eficacia al patógeno, como se evidenció en este estudio.

Clavijo (2023) desarrolló un estudio cuyo objetivo fue analizar la influencia de la disposición de residuos orgánicos en el área del plato de palmas híbrido OxG y su relación con el desarrollo del sistema radicular en suelos de textura arenosa. La investigación fue de tipo experimental y se ejecutó bajo un diseño estadístico de bloques completamente al azar, con dos tratamientos y 30 repeticiones.

Los resultados obtenidos, correspondientes a la concentración de raíces y al peso promedio de los racimos en palmas de aceite cultivadas en suelos arenosos, mostraron que la incorporación de hojas de poda como residuos orgánicos en el área del plato, específicamente en la plantación La Holanda SAS, promovió un notable incremento en el crecimiento radicular de las plantas. Asimismo, se evidenció un aumento en el peso de los racimos cosechados. Estos hallazgos indican que el reciclaje de hojas de palma aporta nutrientes que favorecen no solo la productividad, sino también la mejora en la calidad del suelo de los terrenos intervenidos.

Lemus-Soriano y colaboradores (2022) realizaron un estudio con el fin de evaluar el efecto de bioestimulantes radiculares, basados en microorganismos y ácidos orgánicos, sobre el crecimiento, contenido de clorofila y micorrización en plantas de aguacate. Se trabajó con siete tratamientos, incluido un testigo, en un diseño experimental de bloques completamente al azar con ocho repeticiones. Las variables evaluadas fueron: número de hojas, altura de la planta, longitud de la raíz principal, unidades SPAD, peso seco de la raíz y porcentaje de micorrización. Los resultados indicaron que el tratamiento con Nutrisorb® L + Biofit® RTU fue el más eficaz en todas las variables, confirmando que la combinación de microorganismos y ácidos orgánicos favorece el desarrollo vegetativo, radicular y la micorrización. Se concluyó que su aplicación promueve una mayor concentración de clorofila y un desarrollo más vigoroso en plantas de aguacate injertadas con la variedad Hass, por lo que se recomienda su uso en viveros para producción comercial.

El objetivo de Arone (2020) fue determinar la capacidad antagónica del hongo *Glomus intraradices* frente a oomicetos que afectan las raíces del palto. El estudio fue de tipo experimental puro, realizado en laboratorio bajo un diseño completamente al azar. Los

resultados mostraron que los metabolitos de *Glomus* intraradices inhibieron el crecimiento radial in vitro de *Phytophthora* sp. A01 (22.9%), *Phytophthora* sp. A02 (19.7%) y *Phytophthora* sp. (15.4%), sin diferencias estadísticas significativas entre ellos. En todos los casos se observó pudrición de raíces. No obstante, el hongo benéfico logró reducir el daño causado por *Phytophthora* sp. A01 en un 9.06% y por *Phytophthora* sp. A02 en un 24.21%, demostrando así su potencial como agente de biocontrol.

Rodríguez (2020) propuso evaluar el uso de dos hongos antagonistas como promotores del crecimiento en la propagación botánica de palto raza mexicana. La investigación fue experimental, con diseño completamente al azar. Los resultados mostraron que el uso de *Trichoderma viride* y *Trichoderma harzianum* promovió un crecimiento significativo, superando en más de 2.3 veces la altura del grupo control. Además, se evidenció una mejora notable en el tamaño de planta, el área foliar y la acumulación de materia seca, logrando resultados superiores a los obtenidos mediante fertilizantes sintéticos.

Palomino (2019) se planteó cuantificar la formación de raíces en tallos acodados de portainjertos de palto mediante la aplicación de la bacteria *Azospirillum* sp. y ácido indol butírico. El experimento se basó en injertar una plántula nodriza con una púa del portainjerto clonal, inducida al etiolado bajo oscuridad. Se aplicaron los tratamientos y luego se cubrió con tierra para inducir el enraizamiento. Bajo un diseño completamente al azar en laboratorio, se evaluaron variables como altura de planta, número de hojas, diámetro del tallo, número y peso de raíces, y peso fresco de follaje. La prueba de Tukey confirmó que las plantas tratadas con *Azospirillum* y ácido indol butírico superaron significativamente al testigo, concluyéndose que su aplicación favorece la formación de raíces adventicias.

Rodríguez (2019) evaluó el efecto de combinar hongos antagonistas con fertilizantes sintéticos para mejorar el aprovechamiento de nutrientes en el cultivo de palto. El diseño experimental fue de bloques completos al azar con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones (T0 = testigo, T1 = *T. viride* + *T. harzianum*, T2 = NPK, T3 = *T. viride* + *T. harzianum* + NPK). Se analizaron parámetros como altura de planta, peso radicular fresco,

materia verde, área foliar y materia seca. El tratamiento T3 destacó con los valores más altos en la mayoría de variables. Se concluyó que los ácidos fúlvicos Mallki fueron 1.93 veces más eficaces que la materia orgánica líquida (BIOL) y 2.28 veces más efectivos que el testigo.

Chaupis (2019) orientó su investigación a evaluar el manejo del sustrato para controlar la pudrición radicular en viveros de palto, en la comunidad de Bellavista – Huancavelica. Se estudiaron los tratamientos: T1 (Formol + agua hervida), T2 (Thiabendazol), T3 (Trichoderma spp. + gallinaza), T4 (Thiophanate Methyl 50% + Thiram 30% WP), y T5 (testigo absoluto), bajo un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones. Los resultados mostraron que T1 y T2 redujeron la incidencia de pudrición radicular al 13.29%. También T4 mostró una reducción significativa. Se concluyó que una gestión adecuada del sustrato disminuye la incidencia de enfermedades radiculares en viveros de palto.

Conde (2019) se propuso identificar los grupos taxonómicos y funcionales de microorganismos en suelos cultivados con palto. La investigación fue experimental, con un diseño completamente al azar, cinco tratamientos y cuatro repeticiones. Se realizaron dos etapas: muestreo en campo e identificación de géneros de hongos y tipos de bacterias en laboratorio, utilizando dilución sucesiva para cuantificar unidades formadoras de colonias (UFC/ml). Las bacterias aeróbicas representaron el 24.9% en suelos de palto, mientras que las anaeróbicas alcanzaron el 26.3%. Estas cifras reflejan una alta diversidad microbiana en el suelo, lo que podría influir en la salud del cultivo.

Conde Vilca (2019) orientó su estudio a evaluar los efectos del corte de cotiledones, estratificación en frío y aplicación de microorganismos eficientes en semillas de palto, con el fin de obtener portainjertos en menor tiempo. El diseño completamente al azar incluyó 36 tratamientos y cuatro repeticiones, aplicando la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$). Las variables analizadas fueron: tiempo de germinación, altura de planta, número de hojas, diámetro del tallo, y contenido de materia seca aérea y radicular. El tratamiento T34 (corte apical, basal y lateral, 4 litros de microorganismos eficientes en 20 litros de agua, sin

estratificación) fue el más efectivo, promoviendo una germinación precoz (12.5 días) y una mayor acumulación de materia seca. Se concluyó que el tratamiento integral mejora significativamente el desarrollo inicial de portainjertos mexicanos.

En consideración a fundamentación científica, se tomados los siguientes puntos:

El cultivo de palto prospera en altitudes que van desde el nivel del mar hasta los 2,700 metros (Ataucusi, 2015). Un aspecto clave en su desarrollo es la pluviosidad, ya que un exceso puede favorecer la aparición de enfermedades (Mejía, 2011). Respecto a las condiciones ideales del suelo, el palto se adapta mejor a terrenos con buen drenaje, de profundidad adecuada, textura franco-arenosa y ligera, y un pH entre 5.6 y 6.5 (Bernal & Díaz, 2008). Además, la temperatura también es un factor determinante para su óptimo crecimiento (Bernal y Díaz, 2008). Para obtener una producción eficiente, el agua de riego debe contar con una conductividad eléctrica no mayor a 1.2 dS/m, una relación de absorción de sodio menor a 2 y niveles de cloruros por debajo de 120 ppm (Sarmiento, 2018).

El palto es un árbol que puede alcanzar hasta 20 metros de altura. Presenta un tronco fuerte y hojas alargadas, cuyas ramas forman un follaje denso. Se clasifica como cultivo perenne (Teliz-Ortíz, Mora-Aguilera, & Morales-García, 2000). Su fruto, una drupa, varía en colores que van del verde claro al verde oscuro, e incluso pueden ser violetas o negros. La pulpa es verde amarillenta, y su piel tiene textura rugosa. Se estima la existencia de unas 400 variedades de palto, lo que origina distintas formas y tamaños del fruto, con pesos que oscilan entre los 150 y 350 gramos (Pérez, Ávila, & Coto, 2015).

La propagación del palto puede realizarse por semilla o de manera vegetativa. Las plantas obtenidas por semilla suelen emplearse en mejoramiento genético, jardines y como portainjertos. Para fines comerciales, se prefiere el uso de injertos, generalmente sobre plantas de semilla o patrones vegetativos, con el fin de evitar problemas como la salinidad o infecciones por *Phytophthora cinnamomi* (Galán, 1990).

La aplicación de *Trichoderma hamatum* o *Trichoderma koningii* en el cultivo de palto puede incrementar la producción en campo hasta en un 300%. Este aumento se debe al desarrollo acelerado del sistema radicular al ser colonizado por estos hongos, lo que

contribuye a mejorar la productividad. Además, las plantas tratadas muestran mayor tolerancia a condiciones de estrés abiótico y mejor disponibilidad y absorción de nutrientes, lo que se asocia a la producción de hormonas como auxinas, citoquininas y etileno (Castro & Rivillas, 2012).

Trichoderma harzianum estimula la producción de fitoalexinas, compuestos defensivos que las plantas generan como respuesta ante daños físicos (Harman, 2006). Asimismo, *Trichoderma spp.* contribuye a proteger las plantas contra patógenos del suelo al inducir una resistencia sistémica adquirida (Castro & Rivillas, 2012). En la variedad "Topa Topa" de palto, la aplicación de entre 40 y 50 gramos de *Trichoderma harzianum* por planta promovió incrementos significativos en altura, diámetro del tallo, número de hojas, y peso fresco y seco de la parte aérea, además de un mayor vigor y precocidad, con un sistema radicular más denso (Yataco, 2011).

El uso combinado de compost con *Trichoderma harzianum* también mostró mejoras notables en la altura y biomasa de las plantas, así como en el sistema radicular (Donoso, Lobos, & Rojas, 2008). El compost promueve el crecimiento de *Trichoderma harzianum*, y la aplicación de sus cepas ha demostrado reducir enfermedades a niveles similares o superiores a los fungicidas químicos (Ramírez, Castañeda, & Morales, 2014). En estudios de antagonismo contra *Fusarium oxysporum*, se evidenció que *T. atroviride* y *T. aureoviride* disminuyeron su crecimiento (Guevara, 2013).

Rodríguez y colaboradores (2010) lograron aislar 39 microorganismos de gallinaza, entre los que se identificaron hongos como *Geotrichum* y *Trichoderma*, así como bacterias del género *Bacillus*, los cuales fueron eficaces en reducir el crecimiento de *Fusarium oxysporum*.

El palto tiene un crecimiento continuo que es impulsado por la dominancia apical o el desarrollo de las yemas terminales, facilitando así la aparición de yemas axilares y la floración. Su ciclo de vida consta de cuatro fases principales: la etapa inicial o de plántula (de 7 a 10 meses), la etapa juvenil (de 1 a 4 años), la fase de inicio y estabilización de producción (de 4 a 8 años), y finalmente, la etapa de producción total o adultez (de 8 a 25 años) (Amórtegui, Capera, & Godoy, 2001).

Respecto a la problemática abordada, se considera que los microorganismos presentes en el suelo establecen relaciones positivas con las plantas, generando simbiosis que resultan altamente beneficiosas para el desarrollo de los cultivos. Estas relaciones permiten funciones clave como la fijación de nitrógeno, la mineralización, la solubilización, y procesos de oxidación-reducción (Julca-Otiniano y otros, 2006).

En el presente estudio se emplearon hongos micorrízicos como *Rhizoglyphus fasciculatum*, hongos solubilizadores como *Mortierella sp.*, y bacterias fijadoras de nitrógeno como *Azospirillum brasilense*. Estos microorganismos pueden ser utilizados de forma individual o en combinación, según lo documentado por Agronet (2020).

La justificación de esta investigación radica en el impacto económico que puede tener para los productores de palto, al mejorar tanto el rendimiento como la calidad del fruto mediante el uso de microorganismos que estimulan el desarrollo radicular. Considerando que el palto es un cultivo con alta demanda comercial, investigaciones como esta representan un avance importante para el sector agrícola. Además, al ser un producto agroexportable, genera ingresos para el país, y a nivel social mejora la calidad de vida en zonas rurales. Desde una perspectiva medioambiental, el uso de microorganismos también contribuye al cuidado del entorno natural.

Dado que el palto es uno de los principales productos de exportación en volumen, muchas familias rurales dependen de su cultivo, lo que ha incrementado el área sembrada y mejorado la oferta. Por tratarse de un cultivo agroexportable, requiere de un manejo adecuado conforme a las normas de calidad e inocuidad de los mercados internacionales. Dada la relevancia de la masa radicular para la productividad del palto, resulta necesario estudiar el efecto del uso de microorganismos sobre esta. El problema por investigar se centra ¿Cuál es el efecto del empleo de microorganismos para incrementar masa radical de palto (*Persea americana* Mill) variedad Hass valle Chao, 2024?

Se ha considerado las siguientes variables de estudio:

Variable 1: Microorganismos

Definición conceptual: Son seres vivos tan diminutos que solo pueden observarse mediante un microscopio. Entre ellos se encuentran las bacterias, protozoos, algas y

hongos (Cáncer, 2024).

Definición operacional: Para esta investigación, se evalúan los distintos tipos de microorganismos empleados durante el experimento.

Variable 2: Masa radicular

Definición conceptual: Corresponde a la raíz embrionaria que origina la raíz principal tras la germinación. A partir de esta estructura se desarrollan las raíces secundarias o radicales (Intagri, 2024).

Definición operacional: En esta variable se consideran indicadores clave como la aparición de brotes, el contenido de materia seca y el efecto general sobre la masa de raíces.

La hipótesis formulada propone que el empleo de al menos con un microorganismo se obtendrá mayor masa radical en palto (*Persea americana Mill.*) variedad Hass valle Chao, 2024.

El objetivo general fue: Evaluar el efecto del empleo de microorganismos para incrementar masa radical en el cultivo de palto (*Persea americana Mill.*) variedad Hass valle Chao, 2024. Los objetivos específicos: Determinar el efecto del empleo de microorganismos para incrementar masa radical en el cultivo de palto (*Persea americana Mill.*) variedad Hass valle Chao, 2024. Y Evaluar la emergencia de nuevos brotes radicales después de la aplicación de microorganismo para incrementar masa radical en palto (*Persea americana Mill.*) variedad Hass valle Chao, 2024.

II. METODOLOGIA

El presente estudio se llevó a cabo en el valle de Chao, perteneciente a la provincia de Virú, en el departamento de La Libertad. La investigación fue de tipo experimental, desarrollada directamente en campo, donde se realizaron las evaluaciones correspondientes. Además, se clasifica como aplicada, ya que implicó la manipulación de variables específicas, como la utilización de microorganismos que influyen en el desarrollo de la masa radicular del cultivo de palto. Se empleó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), considerando tres tratamientos con tres repeticiones cada uno. Cada unidad experimental estuvo compuesta por 10 plantas de palto, distribuidas en parcelas de 40 metros de longitud por 4 metros de ancho. Los tratamientos fueron distribuidos aleatoriamente, tal como se presenta en la tabla 1:

Tabla 1

Tratamientos aplicados en el experimento

Tratamiento	Microorganismos	Dosis de aplicación
T ₀	Sin aplicación	-----
T ₁	Microorganismos	10 l / 200 l de agua
T ₂	Microorganismos	15 l / 200 l de agua
T ₃	Microorganismos	20 l / 200 l de agua

Los tratamientos se aplicaron en un campo dividido en cuatro lotes, cada uno equipado con su propia válvula de riego.

La población total del estudio estuvo conformada por 120 plantas de palto de la variedad Hass, cultivadas con un espaciamiento de 4 metros tanto entre plantas como entre surcos.

Para la muestra, se seleccionaron aleatoriamente tres plantas de palto, en las cuales se evaluaron diferentes características biométricas: número de brotes por planta, altura de la planta y diámetro del tallo. Las evaluaciones se realizaron inicialmente antes de aplicar los

microorganismos y posteriormente cada 20 días durante un periodo de tres meses. En ese lapso se hizo seguimiento a la aparición de nuevos brotes radicales.

Cabe señalar que las condiciones climáticas de la zona registraron una temperatura máxima de 31.8 °C y mínima de 13.2 °C, con una humedad relativa que osciló entre 96% y 56%.

A continuación, se describe el procedimiento seguido para la reproducción y preparación del caldo microbiano:

Para elaborar 20 kilogramos de microorganismos, estos fueron colocados dentro de un saco enmallado, el cual se introdujo en un balde, y este, a su vez, fue sumergido dentro de un tanque. Luego, se añadieron 1000 litros de agua al tanque, quedando los microorganismos dentro del saco, sumergidos en el líquido.



Figura 1. Proceso inicial de producción de microorganismos

A esta mezcla se le agregaron 40 kilogramos de melaza, preferiblemente ya disuelta en agua, con el objetivo de facilitar su incorporación uniforme en todo el volumen del tanque y permitir una reproducción eficiente de los microorganismos.



Figura 2. Melaza para la reproducción de microorganismos

Se dejó que el proceso de fermentación se desarrollara durante 15 días, lo cual permitió la reproducción de los microorganismos en todo el volumen de agua. Cada vez que se realizaban extracciones del caldo, era necesario añadir 15 kilogramos de melaza y reponer el nivel de agua para mantener las condiciones óptimas del cultivo microbiano.



Figura 3. Tanque de fermentación para la producción de microorganismos

Una vez que todos los componentes, microorganismos, melaza y agua han sido incorporados, la mezcla se deja reposar durante 15 días para que lleve a cabo el proceso de fermentación.

Transcurrido ese tiempo, se extrae la cantidad requerida y se procede a filtrarla utilizando un colador.



Figura 4. Proceso de inyección al sistema de riego

Finalmente, el caldo extraído es llevado al filtrado para ser inyectado y aprovechando el riego se aplica los microorganismos al suelo donde están las raíces del palto.



Figura 5. Etapa de inyección al sistema de riego

Posteriormente, el caldo ya filtrado y libre de impurezas se mezcla en un cilindro con agua, para ser inyectado al sistema de riego.

La dosis utilizada varió entre 10 y 20 litros de caldo por cilindro de agua por cada hectárea, aplicándose mediante un sistema de riego tecnificado.

Luego de la aplicación, se llevaron a cabo las evaluaciones correspondientes, las cuales se realizaron cada 20 días.



Figura 6. Evaluación de diámetro, brotes y medición de altura de planta.



Figura 7. Evaluación del peso de raíces por m² de suelo

La evaluación final se llevó a cabo escarbando 10 centímetros de profundidad en una superficie de 1 m², aplicando el método de observación y conteo de raíces activas. Los mejores resultados se obtuvieron en los tratamientos 2 y 3, donde se evidenció un mayor desarrollo radicular.



Figura 8. Resultados en el enraizamiento

III. RESULTADOS

Con el propósito de sustentar las evidencias y establecer el efecto del uso de microorganismos en el incremento de la masa radical del cultivo de palto (*Persea americana* Mill.) variedad Hass en el valle de Chao, se realizaron pruebas estadísticas, tales como la prueba de normalidad y la de homogeneidad.

Según los resultados obtenidos, la varianza entre los tratamientos se mantuvo constante, lo que valida la consistencia del análisis.

Tabla 2

Prueba de Kruskal-Wallis para comparar los tratamientos de los datos de la evaluación de N° Brotes (ADA)

Estadísticos de prueba ^{a,b}	N° Brotes (ADA)
H de Kruskal-Wallis	0,000
gl	3
Sig. asintótica	1,000

Dado que el valor p obtenido (1.000) es superior a 0.05, se acepta la hipótesis nula (H₀).

Tabla 3

Prueba del Anova para la comparación de los datos de la evaluación de Altura (ADA)

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl.	Media cuadrática	F	sig.
Tratamientos	0,009	3	0,003	0,977	0,450
Error	0,026	8	0,003		
Total	0,035	11			

Puesto que el valor p (0.450) es mayor que 0.05, se procede a aceptar la hipótesis nula (H₀).

Tabla 4

Anova para la comparación de los datos de la evaluación de Diámetro tallo (ADA)

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl.	Media cuadrática	F	sig.
Tratamientos	0,214	3	0,071	9,359	0,005
Error	0,061	8	0,008		
Total	0,275	11			

Dado que el valor p (0.005) es inferior a 0.05, se acepta la hipótesis alterna (H_1).

Tabla 5

Duncan para determinar la diferencia de Diámetro tallo (ADA)

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0,05	
		1	2
T ₀	3	9,59	
T ₁	3		9,86
T ₃	3		9,89
T ₂	3		9,93
Sig.		1,000	0,367

En el análisis realizado para determinar las diferencias en el diámetro del tallo (ADA), se identificó que los tratamientos T₃, T₁ y T₂ presentan promedios que no difieren estadísticamente entre sí.

Asimismo, se evidenció que el tratamiento T₀ se diferencia significativamente respecto a los demás promedios.

Tabla 6*Anova para la comparación de los datos de la evaluación de N° Brotes (DDA20)*

Fuente de variación	Suma de cuadrados	de gl.	Media cuadrática	F	sig.
Tratamientos	111,534	3	37,178	51,846	0,000
Error	5,737	8	0,717		
Total	117,271	11			

Dado que el valor p (0.000) es menor a 0.05, se acepta la hipótesis alterna (H_1).

Tabla 7*Duncan para determinar la diferencia de N° Brotes (DDA20)*

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0,05		
		1	2	3
T ₀	3	1,26		
T ₁	3	1,89		
T ₂	3		5,33	
T ₃	3			8,89
Sig.		0,389	1,000	1,000

Durante el análisis realizado para identificar diferencias en el número de brotes (DDA20), se determinó que los tratamientos T1 y T0 presentan promedios que no muestran diferencias estadísticas entre ellos.

Por otro lado, los tratamientos T2 y T3 se distinguen entre sí y también difieren significativamente en comparación con los demás promedios.

Tabla 8

Anova para la comparación de los datos de la evaluación de Altura (DDA20)

Fuente de variación	Suma de cuadrados	de gl.	Media cuadrática	F	sig.
Tratamientos	0,027	3	0,009	3,361	0,076
Error	0,021	8	0,003		
Total	0,049	11			

Puesto que el valor p (0.076) es superior a 0.05, se acepta la hipótesis nula (H_0).

Tabla 9

Anova para la comparación de los datos de la evaluación de Diámetro tallo (DDA20)

Fuente de variación	Suma de cuadrados	de gl.	Media cuadrática	F	sig.
Tratamientos	0,349	3	0,116	34,266	0,000
Error	0,027	8	0,003		
Total	0,376	11			

Como el valor p (0.000) es inferior a 0.05, se acepta la hipótesis alterna (H_1).

Tabla 10*Duncan para determinar la diferencia de Diámetro tallo (DDA20)*

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0,05	
		1	2
T ₀	3	9,56	
T ₁	3		9,89
T ₃	3		9,95
T ₂	3		9,99
Sig.		1,000	0,093

Durante el análisis para establecer la diferencia en el diámetro del tallo (DDA20), se identificó que los tratamientos T3, T1 y T2 presentan promedios que no difieren estadísticamente entre ellos.

Asimismo, se observó que el tratamiento T0 presentó diferencias significativas en relación con los demás promedios.

Tabla 11*Anova para la comparación de los datos de la evaluación de N° Brotes (DDA40)*

Fuente de variación	Suma de cuadrados	de gl.	Media cuadrática	F	sig.
Tratamientos	627,657	3	209,219	8,592	0,007
Error	194,815	8	24,352		
Total	822,472	11			

Como el valor p (0.007) es menor que 0.05, se aprueba la hipótesis alterna (H₁).

Tabla 12*Duncan para determinar la diferencia de N° Brotes (DDA40)*

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0,05		
		1	2	3
T ₀	3	6,56		
T ₁	3	14,67	14,67	
T ₂	3		17,67	17,67
T ₃	3			26,78
Sig.		0,079	0,478	0,054

Durante el análisis para identificar diferencias en el número de brotes (DDA40), se observó que los tratamientos T1 y T2 presentan promedios que no difieren estadísticamente entre sí.

Asimismo, se determinó que los tratamientos T2 y T3 también comparten promedios estadísticamente similares, al igual que los tratamientos T0 y T1.

Tabla 13*Anova para la comparación de los datos de la evaluación de Altura (DDA40)*

Fuente de variación	Suma de cuadrados	de gl.	Media cuadrática	F	sig.
Tratamientos	0,070	3	0,023	7,956	0,009
Error	0,023	8	0,003		
Total	0,093	11			

Puesto que el valor p (0.009) es inferior a 0.05, se acepta la hipótesis alterna (H₁).

Tabla 14*Duncan para determinar la diferencia de Altura (DDA40)*

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0,05	
		1	2
T ₃	3	3,13	
T ₀	3	3,12	
T ₁	3	3,18	
T ₂	3		3,32
Sig.		0,245	1,000

Durante el análisis realizado para determinar la diferencia en la altura (DDA40), se identificó que los tratamientos T₃, T₁ y T₀ presentan promedios estadísticamente similares entre ellos.

Por otro lado, el tratamiento T₂ mostró una diferencia significativa en comparación con los demás promedios.

Tabla 15*Anova para la comparación de los datos de la evaluación de Diámetro tallo (DDA40)*

Fuente de variación	Suma de cuadrados	de gl.	Media cuadrática	F	sig.
Tratamientos	0,300	3	0,100	13,313	0,002
Error	0,060	8	0,008		
Total	0,360	11			

Dado que el valor p (0.002) es menor a 0.05, se confirma la aceptación de la hipótesis alterna (H₁).

Tabla 16*Duncan para determinar la diferencia de Diámetro tallo (DDA40)*

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0,05	
		1	2
T ₀	3	9,65	
T ₁	3		9,93
T ₃	3		10,02
T ₂	3		10,05
Sig.		1,000	0,156

Durante el análisis para establecer la diferencia en el diámetro del tallo (DDA40), se observó que los tratamientos T3, T1 y T2 presentan promedios que no difieren estadísticamente entre sí.

Además, se evidenció que el tratamiento T0 mostró diferencias significativas respecto a los demás promedios.

Tabla 17*Anova para la comparación de los datos de la evaluación de N° Brotes (DDA60)*

Fuente de variación	Suma de cuadrados	de gl.	Media cuadrática	F	sig.
Tratamientos	743,509	3	247,836	4,336	0,043
Error	457,259	8	57,157		
Total	1200,769	11			

Puesto que el valor p (0.043) es menor a 0.05, se acepta la hipótesis alterna (H₁).

Tabla 18*Duncan para determinar la diferencia de N° Brotes (DDA60)*

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0,05	
		1	2
T ₀	3	9,6667	
T ₁	3	22,3333	22,3333
T ₂	3		28,7778
T ₃	3		29,1111
Sig.		0,074	0,323

En el análisis realizado para determinar la diferencia en el número de brotes (DDA60), se identificó que los tratamientos T1 y T0 presentan promedios que no difieren estadísticamente entre sí.

Asimismo, se observó que los tratamientos T1, T2 y T3 también comparten promedios estadísticamente iguales entre ellos.

Tabla 19*Anova para la comparación de los datos de la evaluación de Altura (DDA60)*

Fuente de variación	Suma de cuadrados	de gl.	Media cuadrática	F	sig.
Tratamientos	0,014	3	0,005	1,552	0,275
Error	0,024	8	0,003		
Total	0,038	11			

Dado que el valor p (0.275) es superior a 0.05, se acepta la hipótesis nula (H₀).

Tabla 20*Anova para la comparación de los datos de la evaluación de Diámetro tallo (DDA60)*

Fuente de variación	Suma de cuadrados	de gl.	Media cuadrática	F	sig.
Tratamientos	0,335	3	0,112	13,950	0,002
Error	0,064	8	0,008		
Total	0,400	11			

Puesto que el valor p (0.002) es menor que 0.05, se acepta la hipótesis alterna (H_1).

Tabla 21*Duncan para determinar la diferencia de Diámetro tallo (DDA60)*

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0,05	
		1	2
T ₀	3	9,68	
T ₁	3		9,97
T ₃	3		10,09
T ₂	3		10,09
Sig.		1,000	0,168

Durante el análisis para determinar la diferencia en el diámetro del tallo (DDA60), se identificó que los tratamientos T₃, T₁ y T₂ tienen promedios que no difieren estadísticamente entre sí.

Asimismo, se observó que el tratamiento T₀ presentó una diferencia significativa en comparación con los demás promedios.

Tabla 22

Anova para la comparación de los datos de la evaluación de Numero de raíces activas (DDA60)

Fuente de variación	Suma de cuadrados	de gl.	Media cuadrática	F	sig.
Tratamientos	2268,769	3	756,256	0,192	0,899
Error	31581,037	8	3947,630		
Total	33849,806	11			

Como el valor p (0.899) es mayor que 0.05, se acepta la hipótesis nula (Ho).

Tabla 23

Promedios de Brotes radicales en el cultivo de palto con el empleo de microorganismos según fechas de evaluación

Tratamientos	ADA	DDA20	DDA40	DDA60
T ₀	0,00 a	1,26 a	6,56 a	9,67 a
T ₁	0,00 a	1,89 a	14,67 ab	22,33 ab
T ₂	0,00 a	5,33 b	17,67 bc	28,78 b
T ₃	0,00 a	8,89 c	26,78 c	29,11 b
p-valor	1,000	0,000	0,007	0,043

En la tabla de promedios del número de brotes en el cultivo de palto, correspondiente a la comparación entre los tratamientos con microorganismos aplicados en cada evaluación, se utilizaron letras (a, b y c) para indicar la similitud estadística entre promedios. Aquellos tratamientos que comparten la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas entre sí.

Antes de la aplicación (ADA), se obtuvo un valor p de 1.000, el cual supera el umbral de 0.05. Esto indica que no existen diferencias significativas entre los promedios de los

tratamientos en esa etapa.

A los 20 días después de la aplicación (DDA20), el valor p fue de 0.000, siendo menor que 0.05. Esto señala diferencias significativas entre los promedios. En esta evaluación, los tratamientos T0 y T1 no mostraron diferencias estadísticas entre ellos, mientras que los tratamientos T2 y T3 sí se diferenciaron significativamente, tanto entre sí como respecto a los otros tratamientos.

A los 40 días posteriores a la aplicación (DDA40), el valor p registrado fue de 0.007, también por debajo del umbral de 0.05, lo que indica diferencias significativas entre los tratamientos. Se observó que no hubo diferencias significativas entre T0 y T1, ni entre T1 y T2, pero sí se encontraron diferencias entre T2 y T3.

En la evaluación realizada a los 60 días después de la aplicación (DDA60), el valor p fue de 0.043, también menor que 0.05, evidenciando nuevamente diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. En esta evaluación, no se hallaron diferencias entre T0 y T1, ni entre los tratamientos T1, T2 y T3, los cuales compartieron promedios estadísticamente similares.

De acuerdo con la tabla de promedios del número de brotes en el cultivo de palto tras la aplicación de microorganismos, se destaca que en las evaluaciones realizadas a los días 20, 40 y 60, el tratamiento T3 presentó el promedio más alto de brotes.

Tabla 24

Promedios de Altura (m) en el cultivo de palto con el empleo de microorganismos según fechas de evaluación

Tratamientos	ADA	DDA20	DDA40	DDA60
T ₀	2,98 a	3,01 a	3,16 a	3,37 a
T ₁	2,92 a	3,01 a	3,18 a	3,41 a
T ₂	2,99 a	3,05 a	3,32 b	3,47 a
T ₃	2,94 a	3,13 a	3,13 a	3,41 a
p-valor	0,450	0,076	0,009	0,275

En la tabla de promedios de altura del cultivo de palto, en la comparación del uso de microorganismos aplicados en cada evaluación, se utilizaron letras (a, b y c) para indicar la igualdad estadística entre los promedios; es decir, los tratamientos que comparten la misma letra no presentan diferencias significativas.

Previo a la aplicación (ADA), el valor p fue de 0.450, mayor a 0.05, lo que señala que no existen diferencias estadísticas significativas entre los promedios de los tratamientos en esa etapa.

A los 20 días después de la aplicación (DDA20), se obtuvo un valor p de 0.076, también mayor a 0.05, indicando que no se presentan diferencias estadísticas entre los promedios de altura de los tratamientos.

En la evaluación realizada a los 40 días después de la aplicación (DDA40), el valor p fue de 0.009, menor a 0.05, lo cual evidencia discrepancias significativas entre los promedios. En este caso, no se encontraron diferencias entre los tratamientos T₀, T₁ y T₃, pero el tratamiento T₂ presentó un promedio estadísticamente distinto.

A los 60 días posteriores a la aplicación (DDA60), el valor p fue de 0.275, superando el umbral de 0.05, lo que indica que no existen diferencias significativas entre los tratamientos en esa etapa. Según la tabla de promedios de altura en el cultivo de palto con aplicación de microorganismos, no se observaron diferencias significativas en los días 20 y 60 posteriores a la aplicación. Sin embargo, en el día 40, el tratamiento T₂ mostró el mayor promedio de altura entre los tratamientos evaluados.

Tabla 25

Promedios de Diámetro de Tallo (cm) en el cultivo de palto con el empleo de microorganismos según fechas de evaluación

Tratamientos	ADA cm	DDA20	DDA40	DDA60
T ₀	9,59 a	9,59 a	9,65 a	9,68 a
T ₁	9,86 b	9,89 b	9,93 b	9,97 b
T ₂	9,93 b	9,99 b	10,05 b	10,09 b
T ₃	9,90 b	9,99 b	10,05 b	10,09 b
p-valor	0,005	0,000	0,002	0,002

En la tabla de promedios del diámetro del tallo en el cultivo de palto, la comparación del uso de microorganismos aplicados en cada evaluación está representada mediante letras (a, b y c), las cuales indican igualdad estadística entre los promedios; es decir, los tratamientos que comparten la misma letra no presentan diferencias significativas.

Antes de la aplicación (ADA), el valor p fue de 0.005, lo cual es menor a 0.05, indicando que existen diferencias estadísticamente significativas entre los promedios. En este caso, los tratamientos T₁, T₂ y T₃ no mostraron diferencias significativas entre sí, mientras que el tratamiento T₀ sí difirió respecto a los demás.

A los 20 días después de la aplicación (DDA20), el valor p fue de 0.000, también menor a 0.05, lo que confirma diferencias significativas entre los tratamientos. Al igual que en la evaluación anterior, T₁, T₂ y T₃ mantuvieron promedios estadísticamente iguales, mientras que el tratamiento T₀ se distinguió del resto.

En la evaluación realizada a los 40 días después de la aplicación (DDA40), el valor p fue de 0.002, nuevamente menor al umbral de 0.05, lo que indica la existencia de diferencias significativas. Los tratamientos T₁, T₂ y T₃ continuaron sin mostrar diferencias entre sí, pero el tratamiento T₀ presentó un promedio diferente.

De igual forma, al día 60 después de la aplicación (DDA60), el valor p también fue de 0.002, menor a 0.05, señalando discrepancias significativas entre los tratamientos. Al igual que en las evaluaciones anteriores, los tratamientos T₁, T₂ y T₃ no evidenciaron diferencias significativas entre sí, mientras que el promedio de T₀ fue estadísticamente distinto.

En síntesis, según la tabla 25 de promedios de diámetro del tallo en el cultivo de palto con la aplicación de microorganismos, en las evaluaciones realizadas a los días 20, 40 y 60 después de la aplicación, los tratamientos T1, T2 y T3 mantuvieron promedios estadísticamente iguales entre ellos.

Tabla 26

Promedios de masa radical (raíces activas) en el cultivo de palto con el empleo de microorganismos según tratamientos

Tratamientos	DDA60
T ₀	35,98 a
T ₁	43,59 a
T ₂	58,10 a
T ₃	58,22 a
p-valor	0,899

En la tabla 26, que presenta los promedios de masa radical en el cultivo de palto para la comparación de los microorganismos aplicados en cada evaluación, se utilizan las letras (a, b y c) para representar la igualdad estadística entre los promedios; es decir, cuando los tratamientos comparten la misma letra, significa que no hay diferencias estadísticas en sus resultados promedio.

En la evaluación realizada al día 60 después de la aplicación (DDA60), el análisis estadístico mostró un valor p de 0.899, el cual es mayor a 0.05. Esto indica que no se encontraron diferencias significativas entre los promedios de masa radical de los tratamientos analizados.

IV. ANALISIS Y DISCUSION

En relación con el objetivo específico de determinar el número promedio de brotes radicales mediante el uso de microorganismos para incrementar la masa radicular en el cultivo de palto (*Persea americana* Mill.) variedad Hass, en el valle de Chao, se identificó que a los 20 días después de la aplicación (DDA), el tratamiento T3 presentó el mayor promedio de brotes con 8.89, seguido por T2 con 5.33, T1 con 1.89 y T0 con 1.26 brotes en promedio. A los 40 días, el tratamiento T3 alcanzó un promedio de 26.78 brotes, mientras que T2, T1 y T0 registraron 17.67, 14.67 y 6.56 brotes, respectivamente. Finalmente, a los 60 días, T3 continuó liderando con un promedio de 29.11 brotes, seguido por T2 con 28.78, T1 con 22.33 y T0 con 9.67 brotes. Estos resultados reflejan un crecimiento progresivo del número de brotes radicales en todos los tratamientos a lo largo del tiempo.

Según la tabla 23, se evidencia que el tratamiento T3 obtuvo los mejores resultados promedio durante el periodo evaluado hasta los 60 días, estadísticamente coincidiendo con T2. Se resalta que los tres tratamientos con aplicación de microorganismos presentaron una mayor cantidad de brotes radicales en comparación con el tratamiento T0 (testigo), en el cual no se aplicaron microorganismos. Esto demuestra que el uso de estos agentes biológicos favorece la formación de brotes radicales en el cultivo de palto. Estas observaciones coinciden con lo señalado por Palomino (2019) y Torrientes (2024), quienes concluyeron que la aplicación de microorganismos como EcoMic® e IHPlus®, así como de la bacteria *Azospirillum*, promueve la formación de raíces adventicias y un aumento en el número de brotes radicales.

Respecto al crecimiento en altura del cultivo de palto tras la aplicación de microorganismos, se observó que en la etapa inicial, el tratamiento T2 presentó la mayor altura con 2.99 m, seguido por T0 (2.98 m), T3 (2.94 m) y T1 (2.92 m). A los 20 días, T3 lideró con 3.13 m, seguido de T2 (3.05 m) y T0 (3.01 m). A los 40 días, T2 retomó la primera posición con 3.32 m, seguido por T1 (3.18 m), T0 (3.16 m) y T3 (3.13 m). Finalmente, a los 60 días, T2 alcanzó una altura de 3.47 m, seguido por T1 (3.41 m) y T0 (3.37 m). Estos hallazgos son consistentes con los reportes de Rodríguez (2020), quien destacó que tratamientos con hongos antagonistas como *Trichoderma viride* y *T. harzianum* promovieron un crecimiento superior en altura respecto al testigo.

En cuanto al diámetro del tallo, previo a la aplicación, el tratamiento con mayor medida fue T2 con 9.93 cm, seguido de T3 (9.90 cm), T1 (9.86 cm) y T0 (9.59 cm). A los 20 días, T2 y T3 alcanzaron el mayor valor con 9.99 cm, seguidos por T1 (9.89 cm) y T0 (9.59 cm). A los 40 días, T2 y T3 mantuvieron el valor más alto con 10.05 cm, mientras que T1 y T0 registraron 9.93 y 9.65 cm, respectivamente. A los 60 días, T2 y T3 nuevamente presentaron el mayor diámetro con 10.09 cm, seguidos de T1 (9.97 cm) y T0 (9.68 cm). Según la tabla 24, el tratamiento T2 fue el que obtuvo los valores más altos en altura de planta durante los 60 días de evaluación. No obstante, se observa que no hay diferencias significativas entre los tratamientos que recibieron microorganismos, mientras que el testigo (T0) sí presenta valores menores. Esto sugiere que, con el tiempo, las plantas tratadas con microorganismos podrían mostrar diferencias estadísticas significativas en altura, lo cual respalda los hallazgos de Palomino (2019) y Torrientes (2024), quienes informaron un incremento en el diámetro del tallo y altura de planta con el uso combinado de EcoMic® e IHPlus®, en comparación con el tratamiento testigo.

Con respecto al objetivo específico que evalúa el efecto del uso de microorganismos para incrementar la masa radicular en el cultivo de palto (*Persea americana* Mill.) variedad Hass, en el valle de Chao, se registró a los 60 días después de la aplicación un valor p de 0.899, superior a 0.05, lo cual indica que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos. Sin embargo, el tratamiento T3 mostró el mayor promedio de masa radical con 58.22%, seguido de T2 (58.10%), T1 (43.59%) y T0 (35.98%). Según la tabla 26, el tratamiento T3 fue el que presentó el valor más alto en masa radical, estadísticamente igual al T2. Por su parte, el tratamiento T0, en el que no se aplicaron microorganismos, reflejó los valores más bajos en comparación con los demás tratamientos.

Esto demuestra que el uso de microorganismos contribuye a aumentar la masa radical, lo que a su vez favorece una mayor absorción de agua y nutrientes del suelo. Estos resultados coinciden con los reportes de Torrientes (2024), quien observó que la aplicación de IHPlus® y EcoMic® en plantas de aguacate incrementó significativamente el peso fresco de la raíz, siendo el tratamiento con mayor efecto positivo sobre la masa radical respecto a los demás evaluados.

V. CONCLUSIONES

Las conclusiones de este estudio son las siguientes:

El tratamiento T3 (20 litros por 200 litros de agua) registró un promedio de 29.11 brotes radicales a los 60 días después de la aplicación, siendo el valor más alto entre todos los tratamientos evaluados.

En cuanto a la altura del cultivo de palto, el tratamiento T2 alcanzó una medida de 3.47 metros a los 60 días posteriores a la aplicación.

Respecto al diámetro del tallo, los tratamientos T2 (15 l/200 l de agua) y T3 (20 l/200 l de agua) fueron los que mostraron el mayor promedio, con 10.09 cm a los 60 días.

La mayor cantidad de masa radical se observó en el tratamiento T3, con un promedio de 58.22 raíces activas a los 60 días después de la aplicación.

VI. RECOMENDACIONES

Se sugiere la aplicación de microorganismos en una dosis de 20 litros por cada 200 litros de agua en el cultivo de palto, con el fin de mejorar el desarrollo de brotes radicales, el diámetro del tallo, la altura de la planta y la masa radicular en la zona del valle de Chao.

Asimismo, se recomienda repetir los ensayos utilizando microorganismos en otras regiones del país para validar su efectividad en distintas condiciones agroclimáticas.

Además, es conveniente llevar a cabo investigaciones con diferentes tipos de microorganismos en diversas localidades del territorio nacional, con el propósito de evaluar su desempeño y adaptabilidad en diferentes contextos de cultivo.

VII. DEDICATORIA

Dedico esta tesis, en primer lugar, a Dios, por darme la fortaleza y sabiduría necesarias para alcanzar esta meta tan importante en mi vida.

A mis padres, por estar siempre presentes, brindándome constante motivación y apoyo para seguir adelante.

A mis hermanos, por su respaldo incondicional en cada etapa del proceso; deseo que este logro pueda servirles de inspiración.

Y a mis abuelos, por sus valiosos consejos, fruto de sus vivencias, que me han enseñado a luchar con perseverancia y a superar cada obstáculo que la vida pone en el camino.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi más sincero agradecimiento a los docentes de la Universidad San Pedro, por haber compartido sus conocimientos y experiencias profesionales, los cuales fueron fundamentales para alcanzar la culminación de esta carrera.

Agradezco profundamente a mis padres por el constante respaldo económico que me permitió cubrir mis necesidades durante todo este proceso formativo.

También extiendo mi gratitud a mis compañeros, quienes me acompañaron en cada momento y me brindaron su apoyo incondicional, siendo cada uno de ellos un pilar en mi camino académico.

Gracias a todos, de corazón.

SILVANA

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Agronet. (2020). *Tres microorganismos mejoran crecimiento de aguacate Hass*. Obtenido de <https://www.agronet.gov.co/Noticias/Paginas/Tres-microorganismos-mejoran-crecimiento-de-aguacate-Hass.aspx>
- Amórtegui, I., Capera, E., & Godoy, J. (2001). *El cultivo del aguacate. Módulo educativo para el desarrollo tecnológico de la comunidad rural*. 49p. . Obtenido de <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/4911/1/El%20cultivo%20del%20aguacate.pdf>.
- Arone, J. (2020). *Capacidad antagónica de Glomus intraradices en oomicetos radiculares de Persea americana Mill. (Palto), Ayacucho*. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Obtenido de <https://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/4652>
- Ataucusi, S. (2015). *Manejo técnico del cultivo del palto. Programa. PRA Buenaventura*. 41p. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/327943636/Manual-Palta-F-pdf>
- Bernal, J., & Díaz, C. (2008). *Tecnología para el cultivo del aguacate. Generalidades del palto. Corporación colombiana de investigación agropecuaria. CORPOICA, (5), 242p*. Obtenido de [file:///C:/Users/HP/Downloads/43103_50479%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/HP/Downloads/43103_50479%20(2).pdf)
- Cáncer, I. N. (19 de 04 de 2024). *Microorganismos* . Obtenido de <https://www.cancer.gov/espanol/publicaciones/diccionarios/diccionario-cancer/def/microorganismo>
- Castro, A., & Rivillas, C. (2012). *Trichoderma spp. Modos de acción, eficacia y usos en el cultivo de café*. CENICAFÉ – Colombia.

- Chaupis, V. (2019). *Manejo de sustrato para el control de pudrición radicular en vivero para palto, en la Comunidad de Bellavista - Huancavelica*. Universidad Nacional del Centro del Perú. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12894/5849>
- Clavijo, E. (2023). *Disposición de residuos orgánicos en el área del plato en palmas híbrido OxG y su relación con el desarrollo radicular, en suelos arenosos*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD. Obtenido de <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/58018>
- Conde, M. (2019). *Identificación de grupos taxonómicos y funcionales de microorganismos en los cultivos de palto (Persea americana Mill), mango (Mangifera indica. L) y chirimoya (Annona cherimola Mill) del Centro de Investigación Frutícola y Olerícola (CIFO) de la UNHEVAL*. Universidad Nacional Herminio Valdizán Huánuco. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.13080/4518>
- Conde, P. (2019). *Estratificación en frío, corte de semillas y microorganismos eficientes en la propagación sexual de palto (Persea americana Mill.)*. Ayacucho. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Obtenido de <https://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/3553>
- Donoso, E., Lobos, G., & Rojas, N. (2008). *Efecto de Trichoderma harzianum y compost sobre el crecimiento de plántulas de Pinus radiata en vivero. Bosque*.
- Galán, V. (1990). *Los frutales tropicales en zonas subtropicos. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España, p. 35*.
- Guevara, G. (2013). *Efecto de Trichoderma atroviride y Trichoderma Aureoviride nativas sobre Fusarium spp. aislado de campos de cultivo de palto de la Empresa Agroindustrial Camposol S.A.C*. Universidad Nacional de Trujillo.
- Harman, G. (2006). Overview of mechanisms and uses of Trichoderma spp. *Phytopathology*, 96, 190-194.

- Intagri. (2024). *¿Sistema Radical o Sistema Radicular?* Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/suelos/sistema-radical-o-sistema-radicular>
- Julca-Otiniano, A., Meneses-Florián, L., Blas-Sevillano, R., & Bello-Amez, S. (2006). La materia orgánica, importancia y experiencia de su uso en la agricultura. *Idesia (Arica)*, 24(1), 49-61.
- Lemus-Soriano, B., Venegas-González, E., & Pérez-López, M. (2022). Efecto de bioestimulantes radiculares sobre el crecimiento en plantas de aguacate. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*. doi: <https://doi.org/10.29312/remexca.v12i6.2725>
- Mejía, E. (2011). *Aguacate (Persea americana Miller)*. Colombia. 48p. . Obtenido de <https://es.calameo.com/read/0060356787ca8447cf5ec>
- Muñoz, M. (2023). *Efecto biocontrolador de Bacillus subtilis a nivel in vitro sobre Colletotrichum spp. Recolectado de frutos de aguacate (Persea americana)*. Universidad Agraria del Ecuador. Obtenido de <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/MU%C3%91OZ%20ALVARADO%20MELISSA%20PILAR.pdf>
- Palomino, J. (2019). *Efecto de la bacteria Azospirillum sp. Y acido indol butírico en la propagación clonal de palto a traves de acodos*. Ayacucho, 2019. Unidad de Investigación e Innovación de Ciencias Agrarias.
- Pérez, S., Ávila, G., & Coto, O. (2015). *El aguacatero (Persea americana Mill)*. Cultivos Tropicales.
- Ramírez, J., Castañeda, D., & Morales, J. (2014). *Alternativas microbiológicas para el manejo de Phytophthora cinnamomi Rands., EN Persea americana Mill. bajo condiciones de casa-malla*. Cultivos Tropicales.
- Rodríguez, A. (2020). *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. Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo. Obtenido de <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/4412>
- Rodríguez, A., Velandia, J., & Viteri, S. (2010). *Evaluación de Microorganismos Aislados de Gallinaza por su Potencial para el Biocontrol de Fusarium (F. oxysporum) en Plántulas de Uchuva (Physalis peruviana) Bogotá, Colombia.*
- Rodriguez, M. (2019). *Efectos de los ácidos fúlvicos en el desarrollo radicular del palto (Persea americana).* Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12893/4521>
- Sarmiento, D. (2018). *El cultivo del aguacate en el Sur Peninsular. Instituto Canario de investigaciones Agrarias. 185p.* . Obtenido de <https://www.icia.es/icia/download/Aguacate/15.pdf>.
- Teliz-Ortíz, D., Mora-Aguilera, G., & Morales-García, L. (2000). *Importancia histórica y socioeconómica del aguacate. En: El aguacate y su manejo integrado. Téliz- Ortíz, D. (coord.). Mundi Prensa. México.*
- Yataco, E. (2011). *Efecto de la Aplicación de Diferentes Dosis de Trichoderma Harzianum, sobre el crecimiento de palto (Persea americana mili.) var. topa" en vivero, bajo condiciones de Lunahuaná.* Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión.

IX. ANEXOS

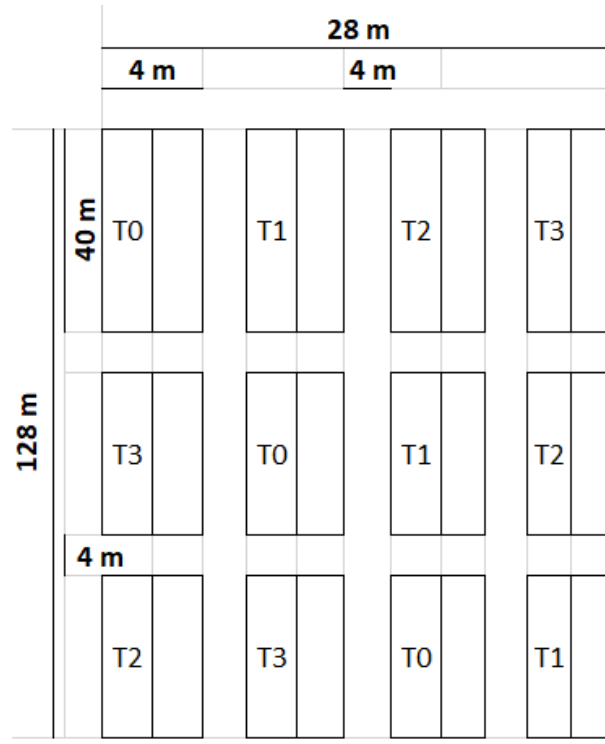


Tabla 1. Croquis y ubicación del experimento

Anexo.1

Operacionalización de las variables

VARIABLES	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
V.1.: Microorganismos	Organismo que solo puede verse bajo un microscopio. Incluyen las bacterias, los protozoos, las algas y los hongos (Cáncer, 2024).	Se considera la evaluación tomando en cuenta los diferentes tipos de microorganismos utilizados en el experimento.	Tipos de microorganismos	Evaluación masa radical ADA y DDA	Razón
V.2.: Masa radical	Es la raíz que tiene el embrión y que da lugar a la raíz primaria después de la germinación. A partir de este tejido se desarrollarán raíces radicales (Intagri, 2024)	Se considera para esta evaluación los indicadores más relevantes, como los brotes, la materia seca y el efecto de la masa radical.	Efecto de masa radical Brotes radicales	Brotes por planta Altura de planta Diámetro de planta Incremento de brotes radicales	Razón Razón Razón Razón

Anexo 2

Matriz de consistencia

Problema	Variables	Objetivos	Hipótesis	Metodología
¿Cuál será el efecto del empleo de microorganismos para incrementar masa radical en palto (<i>Persea americana</i> Mill.) variedad Hass valle Chao?	V.I. Microorganismos	Evaluar el efecto del empleo de microorganismos para incrementar masa radical en palto (<i>Persea americana</i> Mill.) variedad Hass valle Chao	Al menos con un microorganismo se obtendrá mayor masa radical en palto (<i>Persea americana</i>	Experimental y aplicada Diseño: DBCA
		Determinar el efecto del empleo de microorganismos para incrementar masa radical en el cultivo de palto (<i>Persea americana</i> Mill.) variedad Hass valle Chao.	Mill.) variedad Hass valle Chao.	Población: 120 plantas Muestra: 3 plantas
	V.D. Masa radical	Evaluar la emergencia de nuevos brotes radicales después de la aplicación de microorganismos para incrementar masa radical en palto (<i>Persea americana</i> Mill.) variedad Hass valle Chao.		Técnica: Observación y análisis Instrumento: Ficha de datos

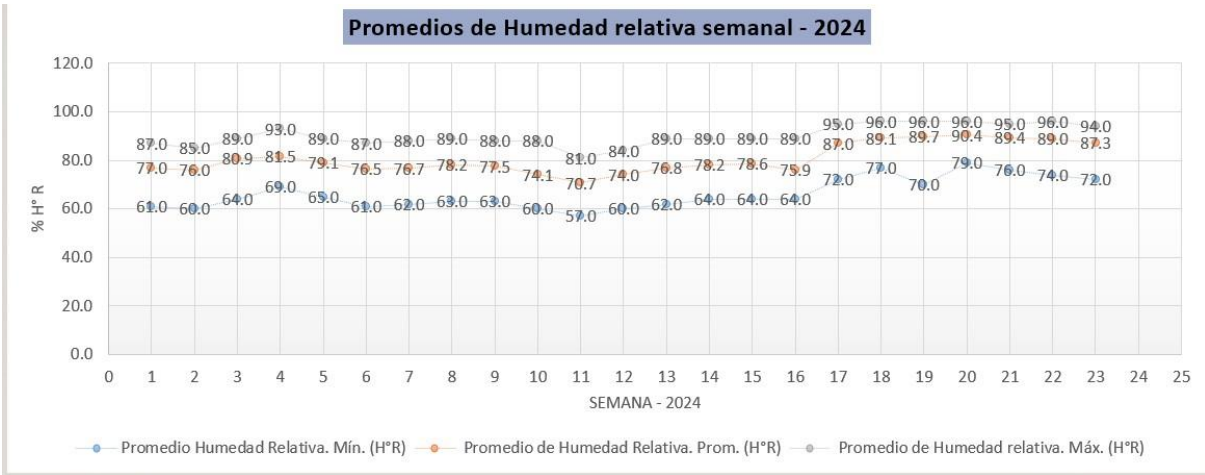
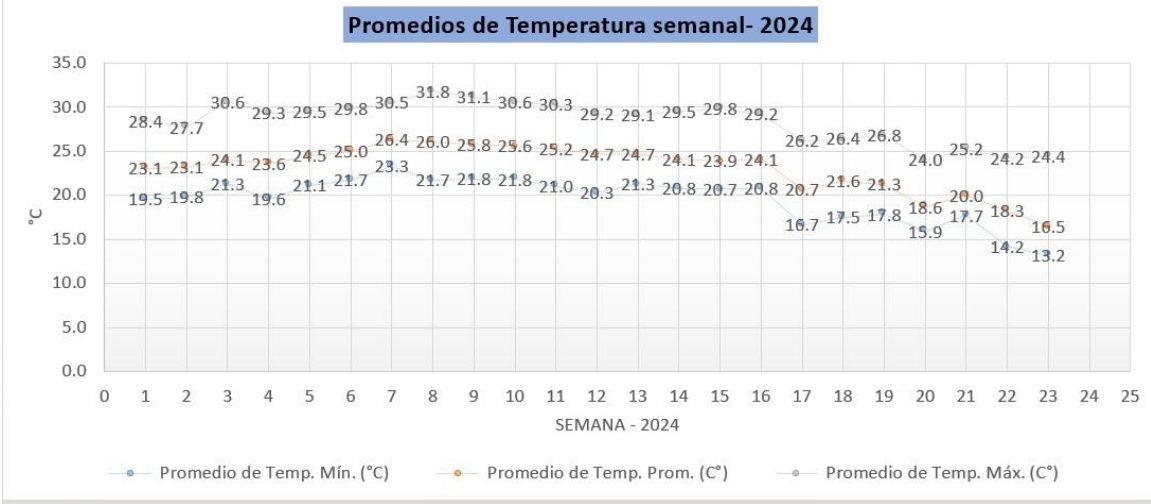


Figura 1. Promedios de temperatura y Humedad Relativo

REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL

FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN DE DOCUMENTOS DE INVESTIGACIÓN


1. Información del Autor			
PANTOJA LOZANO, SILVANA MERCI	70000115	1117101571@unsped.unsp.edu.pe	
Apellidos y Nombres	DNI	Correo Electrónico	
2. Tipo de Documento de Investigación			
<input checked="" type="checkbox"/> Tesis	<input type="checkbox"/> Trabajo de Suficiencia Profesional	<input type="checkbox"/> Trabajo Académico	<input type="checkbox"/> Trabajo de Investigación
3. Grado Académico o Título Profesional ¹			
<input type="checkbox"/> Bachiller	<input checked="" type="checkbox"/> Título Profesional	<input type="checkbox"/> Título Segundo Especialidad	<input type="checkbox"/> Maestría <input type="checkbox"/> Doctorado
4. Título del Documento de Investigación			
Empleo de microorganismos para incrementar masa radical en el cultivo de palto (<i>Persea americana</i> Mill.) variedad Hass valle Chao			
5. Programa Académico			
INGENIERIA AGRONOMIA			
6. Tipo de Acceso al Documento			
<input checked="" type="checkbox"/> Abierto o Público ² (inlico-repo/abiertos/open/acceso)	<input type="checkbox"/> Acceso restringido ³ (inlico-repo/semirestringido/acceso) (*)		
Embargo (Máximo 24 meses) (inlico-repo/semirestringido/embargo/acceso)	Fecha de Liberación de embargo: ____/____/____ (Formato: día/mes/año)		
(*) En caso de restringido y embargo sustentar motivo			

A. Originalidad del Archivo Digital

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado Evaluador y forma parte del proceso que conduce a obtener el grado académico o título profesional.

B. Otorgamiento de una licencia CREATIVE COMMONS ⁵

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Institucional Digital, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento. ⁶

	Ciudad	Día	Mes	Año
 	Chimbote	01/	05/	2025
Firma				

Importante

1. Según Resolución de Consejo Directivo N° 013-2016-SUNEDUCO, Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar Grados Académicos y Títulos Profesionales, Art. 3, inciso 32.
2. Ley N° 30015. Ley que regula el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto y D.S. 006-2015-PCM.
3. Si el autor eligió el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad San Pedro una licencia no exclusiva, para que se pueda hacer arreglos de forma en la obra y difundir en el Repositorio Institucional Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo en el Marco de la Ley 822.
4. En caso de que el autor elija la segunda opción, únicamente se publicará los datos del autor y resumen de la obra, de acuerdo a la directiva N° 006-2016-CONCYTEC-REGC (Números 52 y 67) que norma el funcionamiento del Repositorio Nacional Digital.
5. La licencia Creative Commons (CC) es una organización internacional sin fines de lucro que pone a disposición de los autores un conjunto de licencias flexibles y de herramientas tecnológicas que facilitan la difusión de información, recursos educativos, obras artísticas y científicas, entre otros. Estas licencias también garantizan que el autor obtenga el crédito por su obra.
6. Según el inciso 32, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales-RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los resultados en sus repositorios institucionales preexistentes si son de acceso abierto restringido, los cuales serán posteriormente rastreados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALETA".

Nota: - En caso de fallecido o en testamento, se proceden de acuerdo a ley 8.º y 27444, art. 32, inc. 32.º.

Empleo de microorganismos para incrementar masa radical en el cultivo de palto (Persea americana Mill.) variedad Hass valle Chao

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	www.repositorio.usanpedro.edu.pe Fuente de Internet	13%
2	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	3%
3	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	www.slideshare.net Fuente de Internet	1%
5	repositorio.unheval.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	revistas.unsch.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	dspace.esPOCH.edu.ec Fuente de Internet	<1%
8	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1%

9	repositorio.unasam.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
10	Submitted to Universidad Nacional del Santa Trabajo del estudiante	<1 %
11	alicia.concytec.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
12	1library.co Fuente de Internet	<1 %
13	doku.pub Fuente de Internet	<1 %
14	idic.mx Fuente de Internet	<1 %
15	doaj.org Fuente de Internet	<1 %
16	revistas.up.ac.pa Fuente de Internet	<1 %
17	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
18	Submitted to unasam Trabajo del estudiante	<1 %
19	dspace.unitru.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
20	repository.unad.edu.co Fuente de Internet	<1 %

21	dspace.otalca.cl:8888 Fuente de Internet	<1 %
22	www.revista.ccba.uady.mx Fuente de Internet	<1 %
23	dspace.ucuenca.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
24	repositorio.utc.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
25	Submitted to Universidad Tecnica De Ambato- Direccion de Investigacion y Desarrollo , DIDE Trabajo del estudiante	<1 %
26	Submitted to Universidad Tecnológica Indoamerica Trabajo del estudiante	<1 %
27	es.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
28	Submitted to Corporación Universitaria del Caribe Trabajo del estudiante	<1 %
29	scielo.sld.cu Fuente de Internet	<1 %
30	www.elhogarnatural.com Fuente de Internet	<1 %
31	repositorio.unu.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

32	laboratorium.eus Fuente de Internet	<1 %
33	repositorio.ulima.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
34	repositorio.unjbg.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
35	repositorio.untumbes.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
36	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1 %
37	repositorio.unemi.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
38	repositorio.utn.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
39	www.researchgate.net Fuente de Internet	<1 %
40	cienciasagricolas.inifap.gob.mx Fuente de Internet	<1 %
41	repositorio.uaaan.mx Fuente de Internet	<1 %
42	repositorio.unid.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
43	revistas.uach.cl Fuente de Internet	<1 %

44	www.yumpu.com Fuente de Internet	<1 %
45	cdigital.dgb.uanl.mx Fuente de Internet	<1 %
46	repositorio.unal.edu.co Fuente de Internet	<1 %
47	repositorio.unamba.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
48	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
49	www.radiomalon.com.ar Fuente de Internet	<1 %
50	repositorio.une.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 6 words

Excluir bibliografía

Activo