

**UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO
SÁNCHEZ CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA, INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS Y AMBIENTAL**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



**EFFECTO DEL FOSFITO POTÁSICO EN LA
RECUPERACIÓN EN *Persea amaricana* Mill. “PALTO”
AFECTADOS POR *Phytophthora cinnamomi* EN RECUAY,
ANCASH**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO**

PEDRO LEONARDO BUSTAMANTE NOLASCO

HUACHO-PERU

2021

**UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO
SÁNCHEZ CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA, INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS Y AMBIENTAL**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

**EFFECTO DEL FOSFITO POTÁSICO EN LA
RECUPERACIÓN EN *Persea amaricana* Mill. “PALTO”
AFECTADOS POR *Phytophthora cinnamomi* EN RECUAY,
ANCASH**

Sustentado y aprobado ante el Jurado evaluador



Dr. Edison Goethe palomares Anselmo

Presidente



Mg. Sc. Teodosio Celso Quispe Ojeda

Secretario



Dr. Roberto Hugo Tirado Malaver

Vocal



Dra. María del Rosario Utia Pinedo

Asesor

HUACHO-PERU

2021

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios por haberme permitido llegar hasta este momento tan importante de mi vida profesional. A mis padres por su amor infinito y su apoyo incondicional, a mis hermanas que son lo más bonito que me regaló la vida.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, doy gracias a Dios, por permitirme vivir esta gran experiencia profesional, por haberme brindado fuerzas y valor para culminar esta hermosa etapa.

A mi madre por su amor brindado, por su apoyo en todo momento, por su amor incalculable para aconsejarme y corregirme cuando ella lo creía necesario.

A mi padre por ser el mejor el mejor amigo, sus conocimientos y su experiencia fueron los pilares básicos para estar donde estoy actualmente.

Mis hermanas por acompañarme en este arduo camino, además de compartir conmigo todos mis triunfos; son las mujeres más importantes en mi vida.

Y gracias a todos los que me apoyaron para ser lo que soy en la actualidad.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
ABSTRACT.....	xii
CAPITULO I.....	2
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.1 Descripción de la realidad problemática.....	2
1.2 Formulación del problema.....	3
1.3 Objetivos de la investigación.....	3
1.3.1 Objetivo general.....	3
1.3.2 Objetivos específicos.....	3
1.4 Justificación de investigación.....	4
1.5 Delimitación del estudio.....	5
1.6 Viabilidad del estudio.....	5
CAPITULO II.....	6
2. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Antecedentes de la investigación.....	6
2.2 Bases teóricas.....	8
2.2.1 Origen del palto.....	8
2.2.2 Aspectos botánicos.....	8
2.2.3 Ciclo vegetativo del palto.....	10
2.2.4 Requerimiento de clima.....	10
2.2.5 Requerimiento de suelo.....	11
2.2.6 Características de <i>Phytophthora cinnamomi</i>	11
2.2.7 Influencia de la <i>P. cinnamomi</i> como amenaza en la producción de palto.....	11
2.2.8 Ciclo de vida de la <i>Phytophthora cinnamomi</i>	12
2.2.9 Ciclo de infección de la <i>Phytophthora cinnamomi</i>	12
2.2.10 Síntomas en el cultivo de palto provocado por <i>Phytophthora cinnamomi</i>	15
2.2.11 Manejo de la <i>Phytophthora cinnamomi</i> en el cultivo de palto.....	17
2.2.12 Características del fosfito.....	18
2.2.13 Características del fosfito de potasio.....	18
2.2.14 El fosfito de potasio como controlador de la <i>Phytophthora cinnamomi</i> en palto.....	19
2.2.15 Translocación del fosfito de potasio en el palto.....	20
2.2.16 Modo de acción del fosfito de potasio en el palto para controlar <i>P. cinnamomi</i>	21

2.2.17	Captación de fosfito y su efecto sobre la bioquímica de <i>P. cinnamomi</i>	22
2.2.18	Recuperación de plantas de palto afectados por <i>P. cinnamomi</i> mediante la aplicación de fosfito de potasio	23
2.3	Definiciones conceptuales	24
2.4	Formulación de la hipótesis	25
2.4.1	Hipótesis general	25
CAPITULO III		26
3.	METODOLOGIA	26
3.4	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	33
3.5	Técnicas para el procedimiento de la investigación	33
4.	RESULTADOS	34
4.1.	Estado visual del árbol enfermo por <i>P. cinnamomi</i> antes de la aplicación de los tratamientos	34
	<i>Estado visual del árbol enfermo por P. cinnamomi antes de la aplicación de los tratamientos</i> .34	
	<i>Prueba Tukey del comparativo de medias del estado visual del árbol enfermo por P. cinnamomi antes de la aplicación de los tratamientos</i>	35
4.2.	Estado visual del árbol enfermo por <i>P. cinnamomi</i> después de la aplicación de los tratamientos	35
	<i>Estado visual del árbol enfermo por P. cinnamomi después de la aplicación de los tratamientos</i> 35	
	<i>Prueba Tukey del comparativo de medias del estado visual del árbol enfermo por P. cinnamomi después de la aplicación de los tratamientos</i>	36
	Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)	36
4.3.	Porcentaje del sistema radicular enfermo por <i>P. cinnamomi</i> antes de la aplicación de los tratamientos	36
4.4.	Porcentaje del sistema radicular enfermo por <i>P. cinnamomi</i> después de la aplicación de los tratamientos	38
4.5.	Porcentaje de eficacia de control	39
4.6.	Número de frutos por árbol	41
4.7.	Peso de frutos por árbol	42
4.8.	Rendimiento del palto	43
5.-	DISCUSIONES	44
5.1.	Estado visual del árbol enfermo por <i>P. cinnamomi</i> antes y después de la aplicación de los tratamientos	44
5.2.	Porcentaje del sistema radicular enfermo por <i>P. cinnamomi</i> antes de la aplicación de los tratamientos	45
5.3.	Porcentaje de eficacia de control	46
5.4.	Número de frutos por árbol	47
5.5.	Peso de los frutos por árbol	47
5.6.	Rendimiento del palto	48

6.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	49
6.1. Conclusiones	49
6.2. Recomendaciones	50
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51
7.1. Fuentes bibliográficas	51
ANEXOS	55
<i>Matriz de consistencia</i>	56
Problema General	56
Problemas Específicos	56
Objetivo general	56
Objetivo específico	56
Hipótesis general	56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Prueba de análisis de varianza	26
Tabla 2. Tratamientos en estudio	27
Tabla 3. Cuadro de la operacionalizacion de variables	31
Tabla 4. Estado visual del árbol enfermo por <i>P. cinnamomi</i>	32
Tabla 5. Porcentaje del sistema radicular enfermo por <i>P. cinnamomi</i>	33
Tabla 6. Estado visual del árbol enfermo por <i>P. cinnamomi</i> antes de la aplicación de los tratamientos	34
Tabla 7. Prueba Tukey del comparativo de medias del estado visual del árbol enfermo por <i>P. cinnamomi</i> antes de la aplicación de los tratamientos	35
Tabla 8. Estado visual del árbol enfermo por <i>P. cinnamomi</i> después de la aplicación de los tratamientos.	35
Tabla 9. Prueba Tukey del comparativo de medias del estado visual del árbol enfermo por <i>P. cinnamomi</i> después de la aplicación de los tratamientos	36
Tabla 10. Análisis de varianza del porcentaje del sistema radicular enfermo por <i>P. cinnamomi</i> antes de la aplicación de los tratamientos	37
Tabla 11. Prueba Tukey del comparativo de medias del porcentaje del sistema radicular enfermo por <i>P. cinnamomi</i> antes de la aplicación de los tratamientos	38
Tabla 12. Análisis de varianza del porcentaje del sistema radicular enfermo por <i>P. cinnamomi</i> antes de la aplicación de los tratamientos	38
Tabla 13. Prueba Tukey del comparativo de medias del porcentaje del sistema radicular enfermo por <i>P. cinnamomi</i> después de la aplicación de los tratamientos	39
Tabla 14. Análisis de varianza del porcentaje de eficacia de control	40
Tabla 15. Prueba Tukey del comparativo de medias del porcentaje de eficacia de control	40
Tabla 16. Análisis de varianza del peso del fruto (g/fruto)	41
Tabla 17. Prueba Tukey del comparativo de medias del peso del fruto (g/fruto)	41
Tabla 18. Análisis de varianza del rendimiento del palto (kg/ha)	42
Tabla 19. Prueba Tukey del comparativo de promedios del rendimiento del palto (kg/ha)	43

Tabla 20. Matriz de consistencia	56
Tabla 21. Datos de campo de las evaluaciones de la enfermedad para el estado visual del árbol enfermo por <i>P. cinnamomi</i> antes de la aplicación de los tratamientos.	57
Tabla 22. Datos de campo de las evaluaciones de la enfermedad para el estado visual del árbol enfermo por <i>P. cinnamomi</i> después de la aplicación de los tratamientos	57
Tabla 23. Datos de campo del porcentaje del sistema radicular enfermo por <i>P. cinnamomi</i> antes de la aplicación de los tratamientos	58
Tabla 24. Datos de campo del porcentaje del sistema radicular enfermo por <i>P. cinnamomi</i> después de la aplicación de los tratamientos	58
Tabla 25. Datos de campo del porcentaje del sistema radicular enfermo por <i>P. cinnamomi</i> antes de la aplicación de los tratamientos	59
Tabla 26. Datos de campo del peso del fruto (g/fruto)	59
Tabla 27. Datos de campo del rendimiento del palto (kg/ha)	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo de enfermedad de <i>Phytophthora cinnamomi</i> que causa la pudrición de la raíz del aguacate. Fuente de Dann et al. (2013)	15
Figura 2. Diagrama del proceso de infección por <i>Phytophthora</i> . Una zoospora se enquista en la superficie del tejido del huésped, produce un tubo germinativo que se hincha hasta convertirse en un apresorio y rompe la epidermis. De Judelson et al. citado por Hunter (2018)	16
Figura 3. Croquis del experimento de investigación	30
Figura 4. Preparación y aplicación de los tratamientos	62
Figura 5. Estado sanitario del árbol	67
Figura 6. Evaluaciones de fruto y raíz	71

RESUMEN

Objetivo: Evaluar el efecto del fosfito potásico en la recuperación de palto cv. Hass afectados por *Phytophthora cinnamomi* bajo condiciones de Recuay, Ancash. **Métodos:** Se realizó en distrito de Recuay, provincia ubicada en la Región Ancash, durante los meses de marzo a julio del 2020. Se utilizó el diseño de bloques completamente al azar y la Prueba de Tukey al 5%. Los tratamientos fueron: aplicación vía suelo a dosis de 0,5, 1 y 1,5 ml/planta (1, 2 y 4 L/ha) y un testigo. Las variables de estudio fueron: estado visual del árbol enfermo por *p. cinnamomi* y porcentaje del sistema radicular enfermo antes y después de la aplicación de los tratamientos, porcentaje de eficacia de control, número de frutos y peso de frutos por árbol y el rendimiento. **Resultados:** Los tratamientos T3: Aplicación al suelo con fosfito de potasio a dosis de 1 ml/planta (4 L/ha) y el tratamiento T2: Aplicación al suelo con fosfito de potasio a dosis de 0.5 ml/planta (2 L/ha) reportaron obtuvieron la clasificación del estado visual del follaje como árbol moderadamente enfermo, además, la clasificación del porcentaje de raíces enfermas fue de regular a sano, por tanto presentaron mayor recuperación de plantas afectadas por *P. cinnamomi*, asimismo, obtuvieron 60 y 50% de eficiencia de control, en cuanto al número de frutos por árbol reportaron 46 y 41,3 frutos/árbol y peso de fruto con 11,8 y 10,7 kg/árbol. Además, mostraron mayor rendimiento con 7 350 y 6 642 kg/ha. **Conclusión:** Los tratamientos T3 y el T2 obtuvieron mayor rendimiento y recuperación del palto cv. Hass en condiciones de Recuay, Ancash.

Palabras claves: árbol, eficiencia, fosfito, raíces, tratamientos.

ABSTRACT

Objective: To evaluate the effect of potassium phosphite on the recovery of avocado cv. Hass affected by *Phytophthora cinnamomi* under conditions from Recuay, Ancash.

Methods: It was carried out in the Recuay district, province located in the Ancash Region, during the months of March to July 2020. The completely randomized block design and the 5% Tukey test were used. The treatments were: soil application at doses of 0.5, 1 and 1.5 ml/plant (1, 2 and 4 L/ha) and a control. The study variables were: visual state of the diseased tree by *p. cinnamomi* and percentage of the diseased root system before and after the application of the treatments, percentage of control efficacy, number of fruits and weight of fruits per tree and yield.

Results: Treatments T3: Application to the soil with potassium phosphite at a dose of 1 ml/plant (4 L/ha) and treatment T2: Application to the soil with potassium phosphite at a dose of 0.5 ml/plant (2 L/ha) reported obtained the classification of the visual state of the foliage as moderately diseased tree, in addition, the classification of the percentage of diseased roots was from regular to healthy, therefore they presented greater recovery of plants affected by *P. cinnamomi*, also, they obtained 60 and 50% of control efficiency, regarding the number of fruits per tree, they reported 46 and 41.3 fruits / tree and fruit weight with 11.8 and 10.7 kg/tree. In addition, they showed higher yields with 7,350 and 6,642 kg/ha.

Conclusion: Treatments T3 and T2 obtained higher yield and recovery of avocado cv. Hass in conditions of Recuay, Ancash.

Keywords: tree, efficiency, phosphite, roots, treatments.

INTRODUCCIÓN

El palto (*Persea americana* Mill.), es un árbol frutal muy reconocido a nivel nacional y mundial, debido a sus propiedades alimenticias que posee su fruto en fresco. En cuanto a su producción es muy demandado por los agricultores ya que genera altas ganancias en su comercialización nacional e internacional, dejando altas divisas a nivel nacional cuando se exportan (Ramírez et al., 2014).

El frutal presenta diferentes problemas fitosanitarios que provocan pérdidas en la producción, entre ellos se encuentran las enfermedades que producen daños en la planta, siendo el principal la *Phytophthora cinnamomi*, el cual provoca marchitamiento de las hojas, la defoliación e incluso puede llegar a la muerte del árbol, asimismo, se llega a recuperar el árbol con uso de fungicidas, se forman hojas nuevas, sin embargo, son pequeñas y de color verde pálido y los árboles tienen un pequeño cuajado ya que el sistema radicular continúa severamente dañado (Ma, 2016).

Según Bekker et al. (2014) sostienen que el manejo de esta enfermedad se realiza a través de la tolerancia de los porta injertos y del control químico. Sin embargo, el control químico aumenta los costos de producción y produce riesgos en la salud del medio ambiente y de los productores. Además, el uso de fungicidas es un método de control muy eficaz; sin embargo, las especies de *Phytophthora* pueden desarrollar resistencia a los fungicidas después de una exposición prolongada (Hunter, 2018).

Por tanto, la aplicación de fosfito de potasio para el control *P. cinnamomi* es una estrategia más efectiva debido a las respuestas obtenidas en diferentes investigaciones a nivel nacional y mundial. Además que el fosfito protege a las plantas palto contra *P. cinnamomi* a través de un modo de acción complejo que incluye respuestas directas e indirectas que dan como resultado respuestas de defensa mejoradas (Graham, 2011). Asimismo, el fosfito de potasio se aplica a los árboles de palto mediante aplicaciones directamente al suelo, pero también se puede aplicar con pulverizaciones foliares y directamente al tronco (Hunter, 2018).

Es por ello, que se requiere de investigar el efecto del fosfito de potasio sobre la recuperación de árboles de palto cv. Hass enfermos por *P. cinnamomi*, así como el rejuvenecimiento del follaje y la producción de nuevas raíces mediante la aplicación de inyección al tronco y aplicación directamente al suelo o vía drench a diferente dosis, bajo condiciones de Recuay, Ancash.

CAPITULO I

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

El palto (*Persea amaricana* Mill.), es un árbol frutal producido en las regiones tropicales y subtropicales siendo las condiciones climáticas más apropiadas para su crecimiento y desarrollo del frutal (Ramírez et al., 2014). Sin embargo, el palto presenta problemas fitosanitarios que provocan pérdidas económicas, debido al costo de producción demandado por los insumos químicos agrícolas usados para controlar los diferentes patógenos que atacan a la planta palto y les provoca estrés.

Entre los problemas fitosanitarios con mayor limitancia en la producción del palto es la muerte regresiva causada por *Phytophthora cinnamomi*, que en consecuencia de su ataque influye en el frutal durante la etapa de floración; disminuyendo el número de frutos y aumenta las raíces malformados, la formación de frutos pequeños y malformados. Además, este es un agente causal que provoca marchitamiento de las hojas, defoliación y depende de la severidad de la pudrición de la raíz. Si se forman hojas nuevas, siempre son pequeñas y de color verde pálido y los árboles tienen un pequeño cuajado (Ma, 2016).

Por lo que la solución es controlar este agente causal mediante control químico con uso de fungicidas. Además, aquellas aplicaciones de estos fungicidas traen consigo problemas ambientales y de salud a los productores de palto.

No obstante, en la provincia de Recuay ubicado en Ancash, se produce palto cv. Hass y Fuerte, siendo el cv. Hass un frutal muy demandado en el mercado nacional e internacional y genera en los agricultores ganancias, sin embargo, sus plantaciones de palto fueron atacados por la *Phytophthora cinnamomi*, llegando a reducir su productividad y aumentando los costos de producción para el control de este fitopatógeno.

Ma (2016) menciona que la *Phytophthora cinnamomi* se puede controlar eficazmente con fosfitos. El modo de acción de los fosfitos es controvertido y puede incluir una acción fungistática directa y/o una acción indirecta que involucre respuestas de defensa del huésped. Por tanto, se utiliza los fosfitos de potasio como estrategia de control y como producto para recuperar a las plantas de palto en Recuay, Ancash.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿Cuál es el efecto del fosfito potásico en la recuperación de palto cv. Hass afectados por *Phytophthora cinnamomi* bajo condiciones de Recuay, Ancash?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cómo controlar de las diferentes dosis de aplicación vía drench con fosfito de potasio en la infección por *Phytophthora cinnamomi* bajo condiciones de Recuay, Ancash?
- ¿Cuál es el efecto de las diferentes dosis de aplicación vía drench con fosfito de potasio en el estado sanitario del follaje y de raíces enfermas por *P. cinnamomi*, de palto cv. Hass en condiciones de Recuay, Ancash?.
- ¿Cuál es el efecto de las diferentes dosis de aplicación vía drench con fosfito de potasio en el rendimiento de palto cv. Hass, bajo condiciones de Recuay, Ancash?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

Evaluar el efecto del fosfito potásico en la recuperación de palto cv. Hass afectados por *Phytophthora cinnamomi* bajo condiciones de Recuay, Ancash.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar la eficiencia de las diferentes dosis de aplicación vía drench con fosfito de potasio en la infección por *Phytophthora cinnamomi* bajo condiciones de Recuay, Ancash.
- Evaluar el efecto de las diferentes dosis de aplicación vía drench con fosfito de potasio en el estado sanitario del follaje y de raíces enfermas por *P. cinnamomi*, de palto cv. Hass en condiciones de Recuay, Ancash.
- Evaluar efecto de las diferentes dosis de aplicación vía drench con fosfito de potasio en el rendimiento de palto cv. Hass afectados por *Phytophthora cinnamomi* bajo condiciones de Recuay, Ancash.

1.4 Justificación de investigación

En la provincia de Recuay ubicado en Ancash, se produce palto cv. Hass, debido a la alta demanda de este frutal en los mercados nacionales e internacionales, sobre todo los comerciantes exigen de una fruta de calidad y de buen sabor, siendo esta parte de la sierra central con sus condiciones de frío en la noches y condiciones calurosas en el día, suficiente para producir un fruto de calidad y sabor cumpliendo con los estándares de los comerciantes y consumidores, logrando así ventas por kg del fruto mucho más cotizado que los frutos en costa, ya que la cosecha en sierra permite abrir ventanas de comercialización fuera de temporada en el Perú, generando en los productores de Recuay mayores ganancias.

Sin embargo, los sembríos de palto fueron atacados por la *Phytophthora cinnamomi*, patógeno que provoca la muerte regresiva o pudrición de raíz, llegando a reducir su productividad y aumentando los costos de producción para el control de este fitopatógeno en el campo del agricultor. De acuerdo ello Bekker et al. (2014) demostraron que el manejo de esta enfermedad es a través de la tolerancia de los porta injertos y del control químico. Sin embargo, aumenta los costos de producción y produce riesgos en la salud del medio ambiente y de los productores de palto.

El propósito principal del experimento es evaluar estrategias para mitigar y recuperar las plantaciones atacadas por *Phytophthora cinnamomi*, siendo la solución la aplicación de fosfitos de potasio. Hay métodos de control de enfermedades disponibles que pueden reducir la severidad de *P. cinnamomi* y permitir que las plantas se recuperen; sin embargo, no se aplican de manera constante y rápida. Además, los productores de palto solo utilizan productos químicos como método de control (Ramírez et al., 2014). Por lo tanto, *P. cinnamomi* se puede controlar y recuperar eficazmente con el uso de fosfitos de potasio (Ma, 2016). Sin embargo, dependerá del método de aplicación de estos productos.

Asimismo, la selección del fosfito de potasio para recuperar a las plantas de *P. cinnamomi* se da por la posibilidad de que el patógeno desarrolle resistencia a los fungicidas químicos el cual es una preocupación importante para la industria del palto (Bekker et al., 2014). Por ello, que el fosfito de potasio es una alternativa eficaz y sostenible para el control de dicho patógeno. Siendo ello, la importancia de evaluar el efecto del fosfito potásico y diferentes dosis en la recuperación de palto cv. Hass afectados por *Phytophthora cinnamomi* bajo condiciones de Recuay, Ancash.

1.5 Delimitación del estudio

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el distrito de Recuay, provincia de Marca, ubicado en la Región Ancash, geográficamente se encuentra entre las coordenadas 9°43'13" de latitud Sur, 77°27'07" de longitud Oeste y a 3 418 msnm de altitud. Asimismo, esta investigación se llevó a cabo entre los meses de marzo a julio del 2020.

1.6 Viabilidad del estudio

El presente proyecto es viable debido a los resultados esperados, los cuales permitirán dar solución para los productores de palto Recuay, Ancash sobre la recuperación de palto cv. Hass afectados por *Phytophthora cinnamomi*, utilizando fosfito de potasio y con ello se reducirá las aplicaciones de fungicidas químicos, en consecuencia se reducirá los costos de producción y aumentará los ingresos de los productores.

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

Nyoni et al. (2019) indican que los fosfitos son usados como manejo de patógenos del oomyceto *P. cinnamomi*, aplicados al tronco a dosis anuales de 7,5 y 20 g de ia/árbol. Las aplicaciones al suelo a dosis anual de 1,8 a 3g de ia/árbol los cuales superan a las aplicaciones pulverizadas al follaje, con resultado de una reducción significativa de *P. cinnamomi*.

Ramírez et al. (2014) evaluando el efecto de aplicaciones diferentes de fosfito de potasio en la planta para la recuperación de palto infectados con *P. cinnamomi*. Concluyeron que con el tratamiento combinado (metalaxil + mancozeb aplicado en forma foliar y vía suelo con fosfito de potasio en cada planta) reduce el área bajo la curva de progreso de la enfermedad para la pudrición de la raíz del palto hasta un 68,6%, y el fruto de palto con calidad extra aumentó hasta en un 44% en comparación con las plantas de control es decir plantas enfermas (T0). Asimismo, este tratamiento combinado aumenta los ingresos agrícolas en unas 9,5 veces, probablemente debido a un aumento en el porcentaje de raíces viables ya que habría mejorado la absorción de nutrientes y agua.

Crane y Shearer (2014) evaluando la comparación de métodos de aplicación de fosfito de potasio usados para el control de *P. cinnamomi*, encontraron que la aplicación vía drench de fosfito de potasio inhibieron *P. cinnamomi* y recuperaron de manera más eficaz que la aplicación foliar al follaje. La pulverización al follaje de fosfito de bajo volumen mostró la menor efectividad con dosis de 400 g/L de fosfito. Sin embargo, se redujo significativamente con la pulverización al tronco con fosfito a de 200 g/L.

Hunter (2018) estudiando sobre las implicaciones del uso a largo plazo de fosfito de potasio para controlar *P. cinnamomi* en palto. El fosfito aplicado con mayor frecuencia vía suelo a los árboles de palto, son efectivas en el control y recuperación del palto enfermos provocados por *P. cinnamomi*.

Leal et al. (2014) evaluando el manejo de la pudrición radical *P. cinnamomi* del palto, concluyeron que la aplicación vía suelo con fosfito de potasio reducen la severidad de la muerte regresiva en un 42 y 50%, respectivamente, aumentando también la altura y el volumen del follaje en un 66% y mejorando el peso seco de las raíces del árbol de palto.

Rodríguez et al. (2016) evaluando el manejo de la muerte regresiva provocada por *P. cinnamomi* a los árboles de palto usando fosfito de potasio demostraron que la recuperación significativa de la salud de los árboles solo se registró después de 379 y 518 días después de las primeras aplicaciones de fosfito de potasio vía suelo a los árboles, el cual parece ser una estrategia de control factible contra la muerte regresiva, además, obtuvo mayor densidad de raíces y reportó la recuperación de plantas afectadas por *P. cinnamomi*.

McLeod et al. (2018) estudiando la concentraciones de fosfito de potasio aplicados al sistema radicular de palto y mediante también por aplicaciones foliares de este fosfito para el manejo de *P. cinnamomi* en palto. Encontraron que las aplicaciones directamente al sistema radicular con de fosfito de potasio se usa ampliamente como una estrategia de manejo preventivo contra la muerte regresiva del palto, quien además, produjeron concentraciones de fosfito de raíz significativamente más altas. Los residuos de frutos de fosfito fueron significativamente más altos para la aspersion foliar al palto en comparación con la aplicación de fosfito de potasio inyectado al tronco del palto donde presentaron los residuos del fosfito insignificante o nulo.

Bekker et al. (2014) evaluando el efectos de la aplicación de fosfito de potasio directamente al suelo en árboles de huertos de palto infectados con *P. cinnamomi* sobre la densidad de las raíces. Concluyeron que la aplicación de fosfito de potasio a dosis de 20 l/árbol resultó en una densidad de raíces brotadas y sanas de palto significativamente mayor en comparación con los árboles de control no tratados y se observó un efecto similar en la salud del follaje. Esta evidencia sugiere que se requieren aplicaciones múltiples o incluso continuas de fosfito de potasio soluble a árboles de palto para suprimir de manera efectiva *P. cinnamomi* durante toda la temporada de crecimiento.

Stasikowski (2012) evaluando el efecto de la acción del fosfito de potasio en plantas susceptible al *P. cinnamomi* mediante un método de tinción con nitrato de plata detectando la capacidad del fosfito en plantas infectadas, concluyendo que el método demostró que las concentraciones de fosfito de entre 1 y 3 mM estaban presentes en las puntas de las raíces de las plantas afectadas por *P. cinnamomi* que habían sido rociadas con fosfito al 0.5% (equivalente a 62 mM). Además, demostró que el fosfito un año después de la inoculación confirmaron que cuando se utilizó fosfito de potasio en forma foliar (0,1 a 0,3%) los síntomas de la enfermedad y el desarrollo de lesiones se redujeron significativamente y mejoró la salud general de la planta es decir se recupera las plantas.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Origen del palto

El palto es un frutal nativo de América, originado en México. Los restos fósiles de palto tienen una antigüedad registrada de 8000 años y fue encontrado en el Valle de Tehuacán en el estado de Puebla. Los primeros pobladores de América probablemente domesticaron al palto al descubrir su exquisito sabor (Téliz, 2000).

2.2.2 Aspectos botánicos

Taxonomía

Según Condori (2016) el palto se clasifica de la siguiente manera:

Reino: Vegetal

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Laurales

Familia: Lauraceae

Género: *Persea*

Especie: *americana*

Nombre científico: *Persea americana* MILL

Nombre común: *palto*

Descripción Botánica

Raíz

Presenta una raíz horizontal con una profundidad de 0.5m, aunque puede llegar a medir de 1 a 1.5 m pero en suelos sueltos. Se caracteriza por poseer menor cantidad de pelos absorbentes, por lo que la absorción de nutrientes y de agua se realiza a través de los tejidos de la parte apical de la raíz. Debido a esta característica genética del palto, llega a presentar problemas fitosanitarios de hongos del suelo y la falta de oxígeno en las raíces, sobre todo cuando el sistema es convencional y los riegos son por gravedad, en consecuencia la asfixia es el principal problema por tanto en suelos pesados el agricultor debe realizar una buena mecanización del suelo (Leonel, 2013).

Tronco

El tronco es leñoso recto y puede alcanzar los 12 m de altura, su corteza con un espesor de 30 mm; tronco leñoso que. También cuenta con ramas gruesas, de forma cilíndricas, que al inicio presentan un color verde amarillento y además, con altas pubescencias que van hasta ramas oscuras con poco brillo (Leonel, 2013).

Hojas

Es un árbol que pertenece a los frutales siempre verde aunque algunas variedades pierde gran parte de su follaje en la floración, sus hojas son alternas, pecioladas y coriáceas con una longitud de 10 - 40 cm. El peciolo tiene una longitud de 1.5 - 3.5 cm. La nervadura principal presenta color amarillento y en el envés es más prominente. Es un árbol que presenta hojas perennes, pero en las regiones subtropicales donde existen ambientes fríos llega a perder o caer el follaje y en algunas variedades puedan renovarse casi totalmente al llegar la etapa de floración. (Leonel, 2013).

Flores

Leonel (2013), señala que las flores son pequeñas de color amarillo y con tono verdoso, el tamaño de estas pequeñas flores son de 3 y 7 mm y están agrupadas en panículas, que se forman en el ápice de las ramas durante el final del periodo vegetativo. Asimismo, las flores son perfectas y hermafroditas, sin embargo, presentan dicogamia por lo que pertenecen a plantas alogamas y esto se debe a que la flor del palto su apertura floral se da en dos momentos, es decir el órgano femenino al estar viable abre su flor pero sin que el órgano masculino lo esté y al otro día ocurre lo opuesto, por lo tanto, este fenómeno permitió que las flores no se autofecunden y se clasifiquen en tipos A y B. Además, el árbol del palto produce más de un millón de flores y de ellos un aproximado de 0.1% se convierten en fruto, y existe una alta caída de flores.

Fruto

El fruto es una baya globosa, ovoide o piriforme de acuerdo a la variedad, además es una el tamaño varía de acuerdo a la variedad y especie, teniendo en cuenta que puede ser alta llegando a más de 10cm o pequeña de 3 cm, y en cuanto al peso esta depende también de la variedad y puede llegar de 100 g hasta 1 kg por fruto y por último, con respecto al epicarpio o la parte externa del fruto puede presentar formas y colores diferentes de acuerdo a la variedad, desde una forma áspera como el Hass o lisa como la fuerte y los colores del fruto maduro desde oscuro como el Hass a verde como el zutano (Leonel, 2013).

2.2.3 Ciclo vegetativo del palto

Según Rodríguez et al. (2016) sostienen que el palto presenta diferentes etapas de desarrollo durante el ciclo de crecimiento en regiones subtropicales: crecimiento y desarrollo vegetativo, floración, desarrollo de la fruta y maduración.

Existen tres fases según Rodríguez et al. (2016):

Fase inicial: Inicia con la germinación de las semillas del patrón en condiciones de vivero para ello la temperatura requerida es de 25° C, asimismo, la germinación de la semilla puede demorar e incluso llega a germinar aproximadamente en 40 días, siendo así en condiciones de vivero el planto de palto transcurre cerca de un año para llevarse al campo definitivo.

Fase vegetativa: Una vez instalada en el campo, inicia la fase vegetativa que consta en la producción de follaje y del crecimiento radicular. Teniendo en cuenta que el primer brote vegetativo crece en primavera. Se considera cinco estados o fases fenológicas siendo la formación de la yema terminal delgadas y alargada, luego la producción de yemas hinchadas, luego del brote con 4 o 5 hojitas, seguidas del brote juvenil de color rojo o rosado y por último termina con la diferenciación de las hojas.

Fase reproductiva: Ocurre en los meses de verano. Posteriormente tras un semi receso invernal, el crecimiento reproductivo comienza con la floración, seguido del cuajado, desarrollo y maduración del fruto. Comienza con la floración producida sobre ramas de un año de edad, aunque también en los brotes del año, siguiendo llega la fructificación hasta la maduración del fruto.

2.2.4 Requerimiento de clima

El clima es un factor muy importante pese a que es muy poco manejable, su consideración debe ser un punto indispensable en el momento de decidir la implantación de cualquier frutal. Cada especie, e incluso variedad dentro de la especie, presenta requisitos propios de clima, a veces muy distintos que los otros. Por lo tanto, es de suma importancia conocer los factores climáticos como la temperatura, humedad relativa y luminosidad (Leonel, 2013).

La temperatura que requiere el palto va desde **los** 7 °C a 20 °C en el día, cabe resaltar que una temperatura de 20 °C de noche, son favorables para el fructificación. La temperatura 12°C es óptima durante la floración o el desarrollo del fruto, la fruta que crece en clima más cálidas (Bernal et al., 2014). Requiere de alrededor de 1 200 mm anuales no toleran sequías ya que la sequía le provoca caída de hojas reduciendo el rendimiento (Leonel, 2013). La humedad relativa requiere de 70 – 80 % (Leonel, 2013).

2.2.5 Requerimiento de suelo

Tenorio (2007) sostiene que el suelo apropiado para el palto debe ser suelto, haciendo hoyos de 1 m de profundidad para el desarrollo del sistema radical y realizar mecanización de al menos 30 cm para que en el suelo exista buen drenaje, esto debido a que el sistema radicular del palto es superficial (80% de las raíces se encuentran en los primeros 30 cm de suelo). Asimismo, el palto no contiene en la raíz pelos absorbentes, por lo que la absorción de nutrientes y de agua se realiza a través de los tejidos de la parte apical de la raíz. Debido a esta característica genética del palto, llega a presentar problemas fitosanitarios de hongos del suelo y la falta de oxígeno en las raíces, sobre todo cuando el sistema es convencional y los riego son por gravedad, en consecuencia la asfixia es el principal problemas por tanto en suelos pesados el agricultor debe realizar un buena mecanización del suelo (Leonel, 2013).

2.2.6 Características de *Phytophthora cinnamomi*

La muerte regresiva del palto es la enfermedad más importante de este cultivo y provocada por la *Phytophthora cinnamomi* cual es una amenaza para su producción de palto en todo el mundo (Bekker et al., 2014). Esta patología puede ser causada por varios agentes bióticos y abióticos, siendo el oomyceto *Phytophthora cinnamomi* el patógeno más frecuentemente asociado a malas condiciones fitosanitarias (Ramírez et al., 2014).

2.2.7 Influencia de la *P. cinnamomi* como amenaza en la producción de palto

La muerte regresiva del palto causada por *Phytophthora cinnamomi* Rands, sigue siendo una limitación importante para la producción de palto en todo el mundo. Asimismo, los efectos de las sucesivas aplicaciones de aplicaciones en el suelo con fosfito de potasio soluble y aplicaciones sobre el follaje produce la recuperación del árbol enferme y mejora la salud del árbol y la densidad de las raíces de *Persea americana* Mill (Bekker et al., 2014).

2.2.8 Ciclo de vida de la *Phytophthora cinnamomi*

En condiciones ambientales específicas, los micelios vegetativos pueden producir cuatro tipos de esporas; oosporas, clamidosporas, esporangios y zoosporas (Stasikowski, 2012). *P. cinnamomi* puede existir saprofiticamente en el suelo o persistir como clamidosporas y ocasionalmente como oosporas (Nielsen, 2016). Las clamidosporas son esporas de supervivencia resistentes que pueden permanecer viables en el suelo hasta por seis años (Nielsen, 2016).

El patógeno entra en el ciclo de esporulación asexual en presencia de agua libre (alto potencial matricial relativo). Los esporangios se forman a partir de hifas somáticas y contienen de 20 a 30 zoosporas uninucleadas biflageladas. Las zoosporas se liberan en el entorno acuoso circundante. Si una zoospora encuentra con éxito una raíz huésped adecuada, se enquistará, germinará y penetrará en el tejido huésped (Nielsen, 2016).

La aireación, la humedad del suelo y la temperatura son los factores principales que influyen en la patogénesis. La presencia de alta humedad en el suelo aumenta la formación de esporangios, lo que proporciona condiciones óptimas para la liberación, el transporte y la motilidad de las zoosporas (Nielsen, 2016).

2.2.9 Ciclo de infección de la *Phytophthora cinnamomi*

Las especies de *Phytophthora* están bien adaptadas a una amplia gama de huéspedes y ambientes y tienen una variedad de estructuras reproductivas asociadas con la dispersión, supervivencia e infección (Dann et al., 2013).

En el palto, el ciclo de infección por *Phytophthora cinnamomi* comienza cuando el patógeno se adhiere por primera vez al huésped y luego lo infecta. El patógeno se propaga por todo el tejido de la planta huésped mientras obtiene nutrientes para sobrevivir y continuar la reproducción. Las esporas se producen dentro del tejido del huésped y se liberan al medio ambiente, en especial el suelo, comenzando así el ciclo de la enfermedad nuevamente (Hunter, 2018).

El patógeno *Phytophthora* persiste en el suelo, en raíces en descomposición o en frutos caídos o enfermos. Se requiere agua libre para la producción y diseminación del inóculo y para la infección del huésped. Los esporangios se desarrollan en 18 h a partir de la germinación de clamidosporas u oosporas o del micelio. Las especies con esporangios caducos pueden tener sus esporangios transportados por la lluvia impulsada por el viento al follaje y la fruta en el follaje (Adaskaveg, 2015).

Las zoosporas, los propágulos infecciosos más importantes para las especies con esporangios caducos o no caducos, se liberan en películas de agua. Las zoosporas pueden luego salpicar con la lluvia o el riego sobre la fruta madura. A temperaturas entre 14 y 23 °C, es necesario un período continuo de humedad de 3 h para la infección de la fruta (Adaskaveg, 2015).

El desarrollo de esporas en la naturaleza es fundamental para la supervivencia del patógeno. Las especies de *Phytophthora* no pueden sobrevivir tanto tiempo como saprófitos porque se descomponen o inhiben rápidamente por bacterias antagonistas circundantes, hongos y microbiomas del suelo una vez que están fuera del material orgánico colonizado (Hunter, 2018).

Dann et al. (2013) indican que las esporas producidas por *Phytophthora* incluyen la oospora sexual y las clamidosporas asexuales, el esporangio y la zoospora móvil. Las clamidosporas y oosporas funcionan como esporas en reposo, que son importantes para la supervivencia y la dispersión. Se forman dentro del material vegetal infectado, incluidas raíces, tallos, ramitas y hojas, y se liberan al medio ambiente a medida que el tejido se descompone (Dann et al., 2013).

Phytophthora cinnamomi generalmente se introduce en un área mediante el transporte de esporas en reposo en el suelo. Las clamidosporas de *Phytophthora cinnamomi* varían de 31 a 50 μm de diámetro y se forman fácilmente en el laboratorio (Dann et al., 2013). Son más resistentes al ataque microbiano que las hifas (Dann et al., 2013) y pueden persistir en el medio ambiente durante varios años hasta que las condiciones sean adecuadas para germinar. Las clamidosporas de *Phytophthora cinnamomi* son importantes para la supervivencia durante condiciones secas entre eventos de lluvia (Hunter, 2018).

Todas las especies producen oosporas sexuales que son de paredes gruesas y duraderas y permanecen viables entre las temporadas de crecimiento de los hospederos (Hunter, 2018).

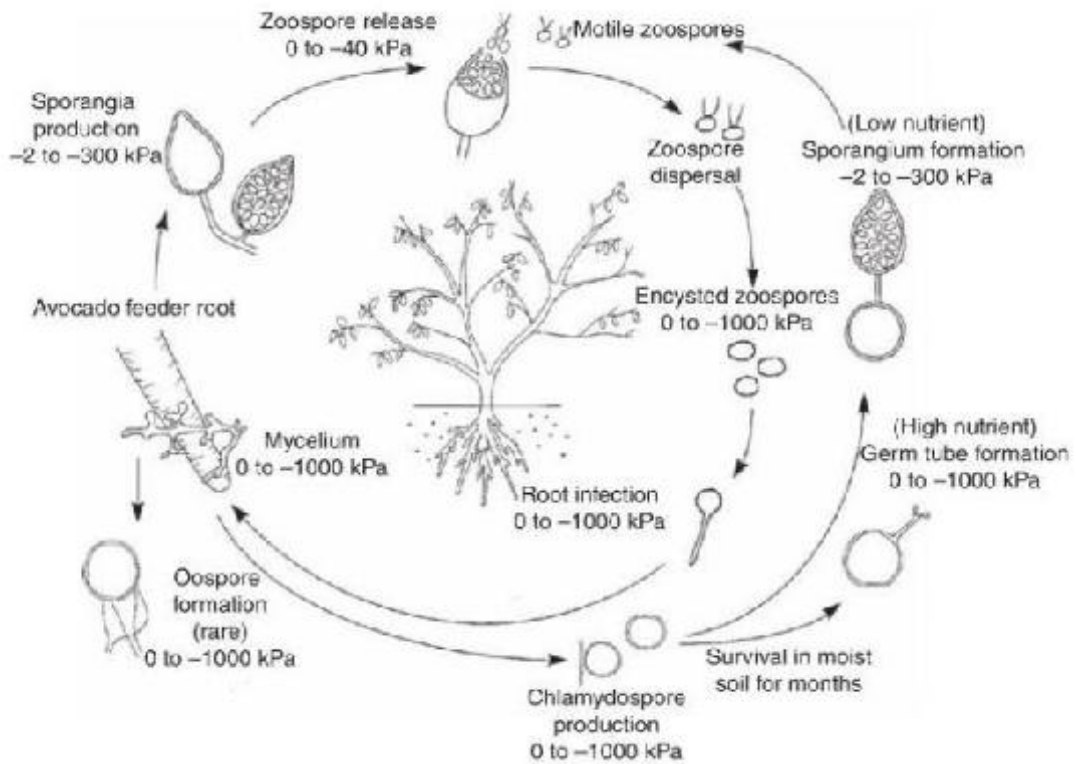


Figura 1. Ciclo de enfermedad de *Phytophthora cinnamomi* que causa la pudrición de la raíz del palto. Fuente de Dann et al. (2013).

Las esporas en reposo de *Phytophthora cinnamomi* germinan cuando la temperatura del suelo supera los 15 ° C y la humedad del suelo es suficiente, produciendo varios tubos germinativos o un solo esporangio. Los esporangios de *P. cinnamomi* no son caducos (permanecen unidos a las hifas), no papilados y de elípticos a ovoides (Dann et al., 2013).

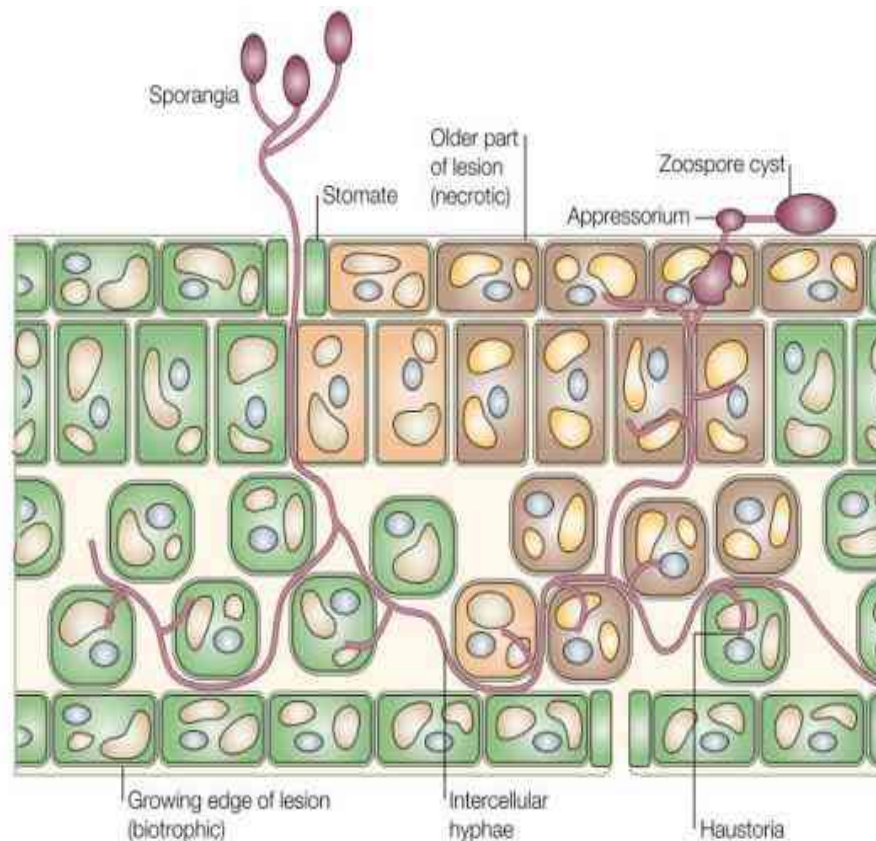


Figura 2. Diagrama del proceso de infección por *Phytophthora*. Una zoospora se enquista en la superficie del tejido del huésped, produce un tubo germinativo que se hincha hasta convertirse en un apresorio y rompe la epidermis. De Judelson citado por Hunter (2018).

2.2.10 Síntomas en el cultivo de palto provocado por *Phytophthora cinnamomi*

Los primeros síntomas de la pudrición de la raíz por *Phytophthora* son lesiones necróticas en las raíces alimentadoras, que pueden conducir a la eventual destrucción de todo el sistema de raíces alimentadoras. Por lo general, las raíces leñosas grandes no se ven afectadas (Nielsen, 2016). Los síntomas secundarios de la enfermedad en la superficie se asemejan a los de la sequía, debido a la reducción de la absorción de agua y nutrientes.

Estos síntomas a menudo no se observan hasta que una parte sustancial del sistema de raíces se ha visto afectada. Los árboles afectados experimentan un "deterioro" en su salud y tienen hojas pequeñas, cloróticas, marchitas y escasas con un nuevo crecimiento limitado (Nielsen, 2016).

Los árboles de palto también suelen tener numerosos frutos pequeños debido al efecto de anillado de la destrucción de las raíces, lo que restringe los carbohidratos a las partes del árbol que se encuentran por encima del suelo (Nielsen, 2016). *P. cinnamomi* también se puede asociar con el cancro del tronco y la pudrición del collar del palto. El cancro del tronco se caracteriza por la presencia de manchas de color marrón oscuro en la parte inferior del tronco y raíces grandes que exudan una resina roja (Dann et al., 2013).

P. cinnamomi ataca las finas raíces alimentadoras de los árboles de palto en todas las edades, dando como resultado raíces que tienen un aspecto necrótico, quebradizo y de color marrón oscuro, lo que evita que las plantas absorban nutrientes y agua. Esto resulta en un declive general de los árboles, que eventualmente conduce a la muerte del árbol (Ma, 2016).

Los síntomas observados en la superficie incluyen el marchitamiento de las hojas, la defoliación y las ramas que mueren rápidamente según la severidad de la pudrición de la raíz. Si se forman hojas nuevas, siempre son pequeñas y de color verde pálido y los árboles tienen un pequeño cuajado. Los síntomas por encima del suelo pueden no ser evidentes hasta que el sistema de raíces esté severamente dañado (Ma, 2016).

Los síntomas incluyen; pudrición de raíces finas y grandes, clorosis de hojas, marchitamiento repentino de hojas, muerte de ramas enteras y eventualmente muerte de toda la planta o árbol. Estos síntomas se denominan "Muerte regresiva" y, a veces, pueden confundirse con los síntomas causados por la sequía, la salinidad del suelo u otros organismos patógenos. Además, las lesiones necróticas causadas por el patógeno a menudo son visibles en las raíces primarias y la base del tallo (Stasikowski, 2012). La infección puede eventualmente causar una interrupción catastrófica del transporte de agua y nutrientes dentro de la planta que resulte en muerte (Stasikowski, 2012).

En condiciones ideales de crecimiento de suelo húmedo a temperatura ambiente, puede haber ciclos repetidos de infección; el sistema de defensa de la planta suprime el crecimiento de patógenos, pero se produce una reinfección y muchas plantas no mostrarán ningún síntoma por encima del suelo hasta que el daño de la raíz sea severo o la planta esté estresada (Stasikowski, 2012). Las plantas infectadas y los huéspedes tolerantes siguen siendo una fuente de infección no detectada ni tratada (Stasikowski, 2012).

Las plantas producen muchos metabolitos secundarios que tienen actividad antimicrobiana, como compuestos fenólicos, saponinas, isoflavonoides y sesquiterpenos. Estos compuestos inhibidores pueden producirse de forma constitutiva durante el crecimiento y desarrollo normales (fitoanticipinas) o inducirse en respuesta al ataque de patógenos. Estos compuestos se denominan fitoalexinas y pueden ser específicos de patógenos o tener un amplio espectro de actividad (Nielsen, 2016).

2.2.11 Manejo de la *Phytophthora cinnamomi* en el cultivo de palto

Hay métodos de control de enfermedades disponibles que pueden reducir la gravedad de las enfermedades y permitir que las plantas se recuperen; sin embargo, no se aplican de manera constante y rápida. Además, los agricultores solo utilizan productos químicos como método de gestión preferido (Ramírez et al., 2014).

Sin embargo, en la actualidad el manejo de esta enfermedad es a través de la tolerancia de los porta injertos y del control químico (Bekker et al., 2014). Por lo general, es imposible erradicar una especie de *Phytophthora* establecida en un campo agrícola (Hunter, 2018). Sin embargo, los productores pueden intentar reducir los niveles de inóculo. Es necesario implementar un programa de manejo integrado y adaptativo para el control de la muerte regresiva de *Phytophthora* (Stasikowski, 2012).

Es necesario un enfoque de manejo integrado para controlar la pudrición de la raíz por *Phytophthora*. Los principios de un enfoque integrado incluyen higiene y saneamiento, control cultural y biológico, porta injertos resistentes y fungicidas (Ma, 2016).

Rodríguez et al. (2016) mencionan que el manejo de la pudrición de la raíz incluye cultivos preventivos, medidas químicas y biológicas, como (i) el uso de plántulas sanas que se trasplantan a suelos profundos y bien drenados; (ii) prácticas apropiadas de riego y fertilización y el uso de enmiendas de suelo de yeso o piedra caliza; (iii) aplicación de fosfito de potasio, ácido fosforoso, metalaxil y fosetil de aluminio; y (iv) la incorporación de materia orgánica al suelo, que favorece la colonización de microorganismos antagonistas.

Los fosfitos aplicados en el follaje, el suelo o incluso en el tronco, actúan durante la raíz está en crecimiento activo ya que estos compuestos se transportan a los sitios de crecimiento de las raíces activas, donde se potencia su función protectora (Rodríguez et al., 2016).

2.2.12 Características del fosfito

El fosfito es la forma aniónica del ácido fosfónico (HPO_3^{2-}). El término "fosfito" se utilizará para hacer referencia a las sales de ácido fosfónico (H_2PO_3). Fosetyl-a se degrada a ácido fosfónico en el tejido vegetal y es el ingrediente activo del fungicida Aliette® (Hunter, 2018). El fosfito contiene un enlace P-H y se encuentra en Fosetyl-a y ácido fosfónico. El fosfito es una forma reducida de ortofosfato. Los ortofosfatos son el único nutriente que contiene fósforo importante para el crecimiento y desarrollo óptimos de las plantas y se utilizan ampliamente en fertilizantes para mejorar el rendimiento de muchas especies de cultivos (Hunter, 2018).

El fosfito no es tóxico para las personas ni los animales. Su toxicidad se ha comparado con la de la sal de mesa. El fosfito tiene un impacto medioambiental reducido. Cuando se rocía fosfito sobre el follaje de las plantas, se aplica a una tasa muy baja (Nielsen, 2016). Tener en cuenta que el fosfito necesita ingresar al sistema de transporte de agua de una planta para que sea efectivo. Esto se puede hacer inyectando fosfito en los árboles o rociando las hojas de las plantas del sotobosque. El fosfito no solo protege a una planta de la infección por muerte regresiva por *Phytophthora*, sino que también puede ayudar a una planta a recuperarse si ya está infectada (Nielsen, 2016).

2.2.13 Características del fosfito de potasio

Se suministran a plantas en estado neutralizado. Cuando el ácido fosforoso (H_3PO_3) se neutraliza con hidróxido de potasio (KOH), forma la sal de ácido fosforoso - fosfito de potasio (KH_2PO_3), también conocido como fosfito o Fosfonatos. El fosfito de potasio está disponible comercialmente porque es ligeramente inestable: el fosfito tiende a reaccionar y a hacer cosas, por lo que es muy recomendable consumirlo al abrirlo o almacenarlo en un recipiente hermético (Adaskaveg, 2015).

El fosfito estimula al núcleo de una célula vegetal a producir moléculas defensivas como la fitoalexinas, que ataca directamente la enfermedad. La producción de polisacáridos fortalece la pared celular agregando protección adicional. Las células también envían "señales de alarma" a las células que aún no han sido atacadas (Adaskaveg, 2015).

2.2.14 El fosfito de potasio como controlador de la *Phytophthora cinnamomi* en palto

El fosfito se puede aplicar como empapamiento de suelo (vía drench), rociado foliar, pinturas de tronco, implantes de árboles de cartucho o inyecciones de tronco (Hunter, 2018). El fosfito se usa ampliamente en la industria del palto. Asimismo, la aplicación a los árboles de palto más comúnmente se realiza mediante dos métodos: inyección al tronco y vía suelo, siendo las inyecciones pasivas en el xilema; sin embargo, también se pueden usar pistolas de inyección de aire presurizado para forzar el fosfito en el árbol rápidamente. Una vez inyectado en el xilema, el fosfito se mueve rápida y sistémicamente por toda la planta. Los sitios de inyección están espaciados uniformemente alrededor del tronco del árbol porque no hay movimiento lateral del fosfito (Hunter, 2018).

La mayoría de los fabricantes de productos y consultores recomiendan inyectar 20 ml de una solución del 15% al 20% (p / v) por metro de diámetro de la copa con jeringas espaciadas cada 20 cm alrededor del tronco (West, 2017). Teniendo en cuenta que la mejor aplicación del fosfito es en el momento a fines de la primavera, cuando el crecimiento de los brotes ha madurado, y nuevamente al final del brote de verano (Dann et al., 2013). Entonces, en estas etapas, las raíces alimentadoras finas, donde comienza la infección, son un fuerte sumidero en el árbol (Dann et al., 2013).

Por otro lado West (2017) indica que la aplicación de fosfitos vía drench o directamente al suelo se da una vez al año en toda la plantación de palto, y se realiza dos aplicaciones en plantaciones con problemas de *Phytophthora*. Debido a la similitud estructural y química entre el fosfito y el ortofosfato, es probable que la interacción entre los dos análogos dentro de una planta o patógeno sea fundamental para las formas en que el fosfito ejerce sus variados efectos bioquímicos y fisiológicos (Stasikowski, 2012).

Leal et al. (2014) nuevas estrategias para el manejo de la pudrición de la raíz del aguacate, se evaluó fosfito de potasio, Metalaxyl + Mancozeb, Fosetyl-Al + Mancozeb, *Trichoderma harzianum*. Encontraron que La incidencia de pudrición de la raíz en plántulas de aguacate fue del 100%, pero la gravedad de la enfermedad osciló entre el 5% y el 22%. En general, la reducción de la gravedad de la enfermedad fue del 35%. Los tratamientos con Metalaxyl + Mancozeb, Fosetyl-Al + Mancozeb y Fosfito de potasio redujeron en 42% la población de *P. cinnamomi* y en 50% la severidad de la enfermedad, estos tratamientos aumentaron 28% la altura y 66% el peso seco de las plántulas.

Gentile et al. (2019) aplicó fosfito de potasio a plantas de palto, ya sea en forma de pulverización foliar o mediante inyección de xilema para controlar el desarrollo de la enfermedad, tras la inoculación con *P. cinnamomi*. La pulverización foliar redujo la expresión de los síntomas en aproximadamente un 90%, y luego sirvió para inhibir la colonización fúngica del tallo. El tratamiento previene completamente la infección, pero la eficacia del tratamiento curativo dependía del nivel inicial de severidad de la enfermedad.

Teniendo en cuenta que aplicaciones directo al suelo con fosfito de potasio reduce significativamente (en un 87-90%) y luego detuvo la colonización del tallo de castañas jóvenes inoculadas artificialmente con *P. cinnamomi*. Asimismo, el fosfito de potasio también fue eficaz como tratamiento curativo, aunque tanto la capacidad del árbol para absorber el compuesto como su actividad fungicida se vieron afectadas por el nivel de gravedad de la enfermedad en el momento del tratamiento. Las pruebas preliminares en plantas en macetas no revelaron toxicidad, por lo que el compuesto parece ser muy adecuado para su uso en plantas (Gentile et al., 2019).

2.2.15 Translocación del fosfito de potasio en el palto

La Translocación de fosfito se da por el sistema vascular de la planta donde, siendo el floema y el xilema por donde tiene su movimiento acropetala y simpétala en la planta (West, 2017). El fosfito inyectado en el xilema del tronco se transporta a las hojas en la corriente de transpiración y luego se atrapa en el floema y se translocan en asociación con foto asimilaciones en una relación fuente-sumidero (Hunter, 2018). Además, el fosfito se acumula en el tejido vegetal a una tasa directamente relacionada con la tasa de aplicación. Por lo tanto, este proceso de translocación permite que el fosfito se aplique como tratamiento preventivo y curativo (Hunter, 2018).

El fosfito se puede aplicar directamente al sistema radicular por vía drench de los árboles porque es soluble en agua. El momento del año y el día es importante para la aplicación de fosfito porque las tasas de transpiración y la dinámica del sumidero estacional impactan directamente en la translocación. Aunque el fosfito no es metabolizado por las plantas (Hunter, 2018).

2.2.16 Modo de acción del fosfito de potasio en el palto para controlar *P. cinnamomi*

El fosfito actúa de dos formas para aliviar las enfermedades causadas por las especies de *Phytophthora*. En primer lugar, reduce activamente el crecimiento y la esporulación de las especies de *Phytophthora*, al tiempo que estimula las respuestas de defensa de las plantas (West, 2017).

Es muy probable que los Fosfonatos tengan un modo de acción complejo que incluye (i) actuar directamente suprimiendo el crecimiento de patógenos como resultado del fosfito acumulado en el tejido vegetal, es decir, efecto fungistático, (ii) actuar indirectamente estimulando la liberación de metabolitos del estrés (inductores) del patógeno para provocar las respuestas de defensa de la planta, y (iii) indirectamente estimulando las propias respuestas de defensa del huésped (Ma, 2016).

Asimismo, Con la acción indirecta mencionada en el punto ii anterior, se plantea la hipótesis de que el fosfito desencadena la liberación de inductores o inhibe la producción de supresores por parte del patógeno, lo que ayuda a las respuestas de defensa de las plantas para detener la infección por patógenos (Ma, 2016).

Se ha demostrado que el fosfito produce algunos compuestos secundarios dañinos e inhibe la actividad enzimática, además, altera la regulación genética de la *Phytophthora cinnamomi*, lo que da como resultado la inhibición del crecimiento del micelio del patógeno y la degradación de las hifas de las paredes celulares de la *P. cinnamomi*, logrando la muerte del patógeno (King et al., 2010). King et al. (2010) demostraron que los estudios sobre el (los) mecanismo (s) de acción del fosfito contra *Phytophthora* se han concentrado principalmente en el perfil citológico y metabólico. *Phytophthora* absorbe fácilmente el compuesto de fosfito, probablemente porque se asemeja al fosfato y se transfiere a través de muchos de los mismos transportadores de pared celular (Stasikowski, 2012).

Asimismo, Stasikowski (2012) señala que el fosfito es químicamente similar al ortofosfato, es probable que su presencia en una célula interfiera con muchos aspectos del metabolismo del fosfato tanto en la planta como en el patógeno. Con el fin de discernir el mecanismo de acción del fosfito, era importante separar los efectos antipatógenos de los efectos generales. A menudo se propone que la inhibición de la actividad de la fosfatasa en *P. cinnamomi* es un efecto principal del fosfito. Dentro de las hifas de *Phytophthora*, el fosfito no se utiliza directamente en ningún proceso metabólico funcional, sino que se metaboliza en una variedad de compuestos incluido el pirofosfato que se acumula dentro de las células patógenas (Stasikowski, 2012).

Stasikowski (2012) demostró que el pirofosfato se translocan activamente por todo el patógeno donde se acumula en los márgenes de crecimiento y puede alcanzar altas concentraciones. Los pirofosfatos pueden encontrarse naturalmente en *Phytophthora* en concentraciones muy bajas, pero en concentraciones altas son particularmente tóxicos ya que no se metabolizan. Asimismo, El fosfito inhibe la pirofosfatasa inorgánica la enzima que descompone el pirofosfato, por lo que los pirofosfatos pueden acumularse a niveles tóxicos (Hunter, 2018). Es probable que el fosfito interrumpa el metabolismo al competir con el fosfato como regulador alostérico en sitios de varias enzimas (Hunter, 2018).

2.2.17 Captación de fosfito y su efecto sobre la bioquímica de *P. cinnamomi*

El fosfito es absorbido por la *Phytophthora cinnamomi* por la actividad simultánea de mecanismos de transporte de fosfato de baja afinidad (alta K_m) y de alta afinidad (baja K_m), cuya contribución varía en función de la concentración de fosfito y ortofosfato en el medio externo (Stasikowski, 2012). Debido a que el fosfito es químicamente análogo al fosfato, por lo que cualquier reacción que implique la producción o el consumo de ortofosfato probablemente se verá afectada en mayor o menor medida por la presencia de fosfito (Stasikowski, 2012).

El fosfito no es metabolizado ni oxidado por las plantas ni por los oomyceto y, por lo tanto, persiste y se acumula dentro del organismo durante un período prolongado de tiempo dependiendo del entorno y las condiciones de crecimiento (Stasikowski, 2012). Los árboles de palto afectados por la pudrición de la raíz por *Phytophthora* causada por *Phytophthora cinnamomi* producen grandes cantidades de frutos pequeños de mala calidad y, sin intervención, los árboles afectados eventualmente mueren (Nielsen, 2016).

2.2.18 Recuperación de plantas de palto afectados por *P. cinnamomi* mediante la aplicación de fosfito de potasio

Cuando se trata de recuperar árboles adultos con avanzados estados de la enfermedad, los tratamientos con Fosfonatos resultan ser más efectivos que aquellos en que se utiliza metalaxilo, sobre todo cuando se realizan aplicaciones mediante inyección al tronco, pues una baja cantidad de follaje y raíces dificultan la absorción del producto cuando se utilizan otros métodos (Nielsen, 2016).

Cuando se quiere recuperar árboles severamente afectados por *Phytophthora cinnamomi*, frecuentemente se requieren cuatro inyecciones de Fosfonatos (fosfito de potasio) en un período de dos años, después de los cuales los árboles presentan una notable recuperación e incluso logran buenas cosechas (Nielsen, 2016).

2.3 Definiciones conceptuales

Defoliación: Este término se refiere a la caída de hojas de un árbol frutal debido al ambiente provocada por vientos, o por la zona donde se desarrolla, así también se defolia debido a los problemas ocasionados por hongos fitopatógeno.

Fitoalexinas: Son compuestos o sustancias secundarias que son liberadas por la planta para defenderse de un agente dañino.

Fosfito: El fosfito es la forma aniónica del ácido fosfónico (HPO_3). El término "fosfito" se utilizará para hacer referencia a las sales de ácido fosfónico (H_2PO_3).

Inductores de resistencia: Son sustancias secretadas por la planta debida a la inyección de productos exógena que provocan a la planta estimularlas para liberar estas sustancia como mecanismo de defensa al ataque de patógenos.

Metabolitos secundarios: Los metabolitos son producidos por el proceso metabólico que se realiza en las células.

Muerte regresiva: Es una enfermedad de mayor importancia en el cultivo frutal palto provocada por el hongo *P. Cinnamomi*, llamándose así debido a que este hongo daña las raíces e inicia su decaimiento en el árbol frutal.

Ortofosfato: Los ortofosfatos son el único nutriente que contiene fósforo importante para el crecimiento y desarrollo óptimos de las plantas y se utilizan ampliamente en fertilizantes para mejorar el rendimiento de los cultivos.

Pesticidas: Son productos fitosanitarios que permiten controlar el ataque de los agente patógenos.

Saprofito: *Phytophthora cinnamomi* puede existir saprofiticamente en el suelo o persistir como clamidosporas y ocasionalmente como oosporas. Las clamidosporas son esporas de supervivencia resistentes que pueden permanecer viables en el suelo hasta por seis años.

Xilema: El sistema es un órgano que pertenece al sistema vascular, donde se mueve el agua y los nutrientes, así también el fosfito también tiende a moverse por este órgano en forma acropetalamente y simpétalmente.

2.4 Formulación de la hipótesis

2.4.1 Hipótesis general

Ho: No existe efecto de las diferentes dosis de fosfito potásico en la recuperación de palto cv. Hass afectados por *Phytophthora cinnamomi* bajo condiciones de Recuay, Ancash.

Ha: Al menos una dosis de fosfito potásico permite recuperar palto cv. Hass afectados por *Phytophthora cinnamomi* bajo condiciones de Recuay, Ancash.

2.4.2 Hipótesis específicas

Ho: No existe efecto de las diferentes dosis de aplicación vía drench con fosfito de potasio en la infección por *Phytophthora cinnamomi* bajo condiciones de Recuay, Ancash.

Ha: Al menos uno de las dosis de aplicación con fosfito de potasio es efectivo en el control de *Phytophthora cinnamomi* bajo condiciones de Recuay, Ancash.

Ho: No existe diferencias entre los diferentes dosis de aplicación vía drench con fosfito de potasio en el estado sanitario del follaje y de raíces enfermas por *P. cinnamomi*, de palto cv. Hass en condiciones de Recuay, Ancash.

Ha: Al menos una dosis de aplicación vía drench con fosfito de potasio en el estado sanitario del follaje y de raíces enfermas por *P. cinnamomi*, de palto cv. Hass en condiciones de Recuay, Ancash.

Ho: No existe diferencias entre las dosis de aplicación vía drench con fosfito de potasio en el rendimiento de palto cv. Hass afectados por *Phytophthora cinnamomi* bajo condiciones de Recuay, Ancash

Ha: Al menos una de las dosis de aplicación vía drench con fosfito de potasio en el rendimiento de palto cv. Hass afectados por *Phytophthora cinnamomi* bajo condiciones de Recuay, Ancash

CAPITULO III

3. METODOLOGIA

3.1 Diseño Metodológico

3.1.1 Tipo de Investigación

El tipo de investigación fue experimental, debido a que se estimó el efecto de los diferentes dosis de fosfito potásico en la recuperación de palto cv. Hass afectados por *Phytophthora cinnamomi* bajo condiciones de Recuay, Ancash.

3.1.2 Nivel o alcance de Investigación

El nivel de investigación fue correlacional debido a que se relacionó las diferentes dosis de fosfito potásico sobre la recuperación y el rendimiento de palto cv. Hass afectados por *Phytophthora cinnamomi* bajo condiciones de Recuay, Ancash.

3.1.3 Diseño

La presente investigación se utilizó 4 tratamientos y 4 repeticiones bajo el diseño de bloques completamente al azar. EL análisis de varianza se muestra en la Tabla 1. En cuanto a las diferencias significativas entre los tratamientos se procedió la prueba de Tukey al 5%.

Tabla 1
Prueba de análisis de varianza

Fuente	GL	SC	CM	F.cal	F.cal		Signif.
					0.05	0.01	
Varianza							
Bloque	3	SCB	SCB/3	CMB/CME	-	-	-
Tratamiento	3	SCT	SCT/4	CMT/CME	-	-	-
Error	9	SCE	SCE/12				
TOTAL	15						

Fuente: elaboración propia

Aplicación de los tratamientos

La aplicación de diferentes dosis de fosfito de potasio en árboles enfermos con *P. cinnamomi* en palto el cual pertenece al campo del agricultor el Sr. Luis Garro. Cabe mencionar que el producto comercial será el Phosphyt K cuyo ingrediente activo es el fosfito de potasio. En cuanto a la aplicación del fosfito de potasio fue aplicada al suelo (S) el cual fue vía “drench”, y el testigo con aplicación de agua. La método usado fue según Ramírez et al. (2014) para la asignación de los tratamiento de acuerdo a la siguiente tabla.

Tabla 2

Tratamientos en estudio

N°	Tratamiento	Concepto
T0	Testigo	Las parcelas asignadas a este tratamiento no se aplicaron producto alguno.
T1	Aplicación al suelo con fosfito de potasio a dosis de 0,25 ml/planta (1 L/ha).	La aplicación fue aplicada vía drench o directamente al suelo. El producto comercial utilizado fue el Phosphyt K cuyo ingrediente activo es el fosfito de potasio y la aplicación fue con una dosis 0,25 m/planta, siendo una aplicación de 1L/ha. La aplicación se realizó en la etapa fenológica de cuajado del fruto del palto.
T2	Aplicación al suelo con fosfito de potasio a dosis de 0.5 ml/planta (2 L/ha).	La aplicación fue aplicada vía drench o directamente al suelo. El producto comercial utilizado fue el Phosphyt K cuyo ingrediente activo es el fosfito de potasio y la aplicación fue con una dosis 0,5 m/planta, siendo una aplicación de 2L/ha.
T3	Aplicación al suelo con fosfito de potasio a dosis de 1 ml/planta (4 L/ha).	Las inyecciones se realizó con la metodología anterior con el producto comercial Phosphyt K cuyo ingrediente activo es el fosfito de potasio y la aplicación fue vía drench a dosis de 1 ml/planta y a 4 L/ha. La aplicación se realizó en la etapa fenológica de cuajado del fruto del palto.

Fuente: elaboración propia

3.1.4 Enfoque

El enfoque de la investigación fue cuantitativo, ya que el análisis de los datos recopilados de los resultados de los métodos de aplicación de fosfito de potasio en las variables evaluadas fue mediante la estadística inferencial.

3.2 Población y muestra

3.2.1 Población

La población de palto fue en una área experimental de 1 280 m², en el predio Garro ubicado en Recuay, Ancash.

3.2.2 Muestra

La muestra aleatoria fue de 3 árboles de palto de la cv. Hass, por cada unidad experimental.

3.2.3 Descripción del campo experimental

El presente trabajo de investigación se realizó en un campo definido y delimitado como se muestra a continuación:

Características de la unidad experimental

Número de surcos por tratamiento:	2
Distancia entre surco:	4 m
Distancia entre planta:	2 m
Ancho de unidad experimental:	8 m
Largo de unidad experimental:	6 m
Área de unidad experimental:	48 m ²

Características del bloque

Número de bloques (B):	4
Largo de bloque:	8 m
Ancho de bloque:	40 m
Área de bloque:	320 m ²
Área total del experimento:	1 280 m ²

3.2.4 Croquis del experimento

Croquis del experimento de investigación

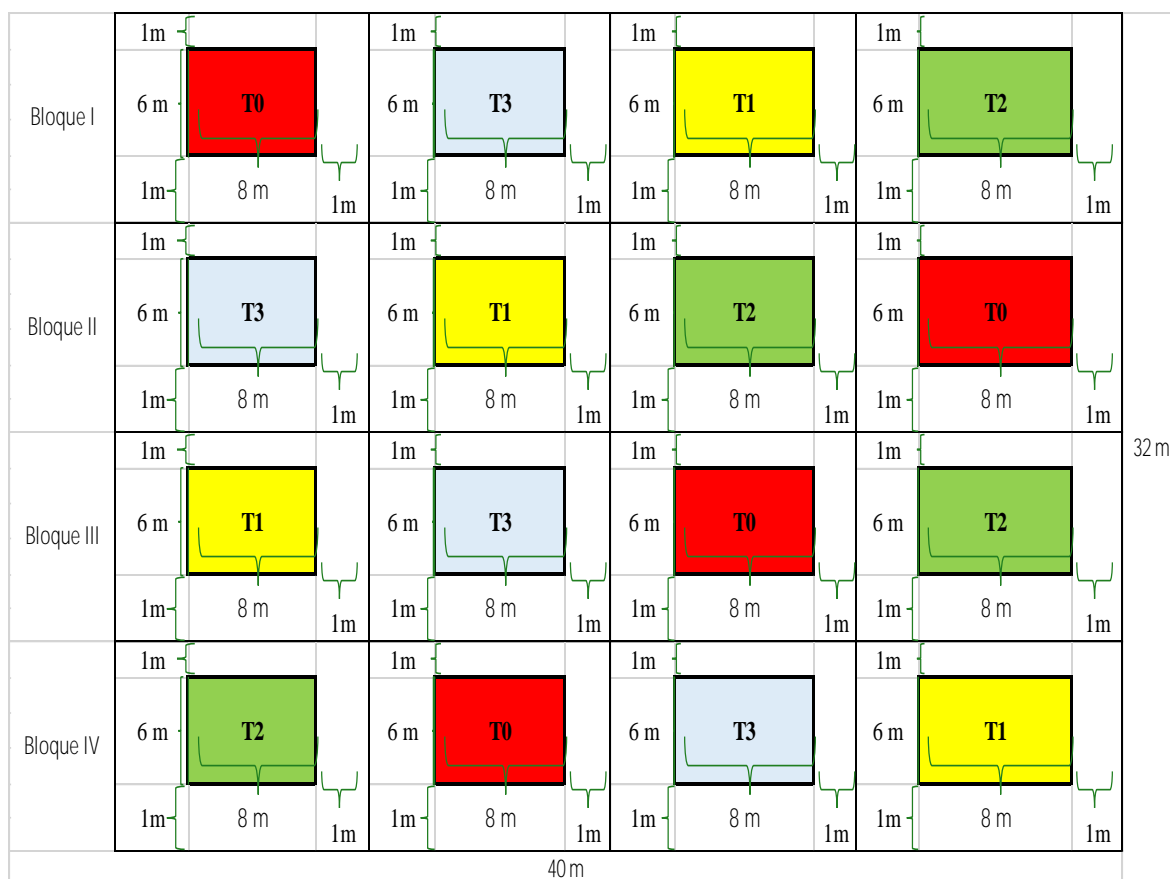


Figura 3. Croquis del experimento de investigación

Leyenda:

T0 Testigo

T1 Aplicación al suelo con fosfito de potasio a dosis de 0.25 ml/planta (1 L/ha).

T2 Aplicación al suelo con fosfito de potasio a dosis de 0.5 ml/planta (2 L/ha).

T3 Aplicación al suelo con fosfito de potasio a dosis de 1 ml/planta (4 L/ha).

3.3 Operacionalización de variables e indicadores

Tabla 3

Cuadro de la operacionalización de variables

Variable	Definición	Dimensiones	Indicadores	Parámetros de dimensión
V. Independiente (X) Fosfito de potasio	Es la capacidad de aplicación de diferentes dosis del fosfito de potasio en plantas decaídas e infectadas con <i>P. cinnamomi</i> .	X1: Aplicación de diferentes dosis del fosfito de potasio.	- T0: Testigo T1: Aplicación al suelo con fosfito de potasio a dosis de 0.25 ml/planta (1 L/ha). T2: Aplicación al suelo con fosfito de potasio a dosis de 0.5 ml/planta (2 L/ha). T3: Aplicación al suelo con fosfito de potasio a dosis de 1 ml/planta (4 L/ha).	Nominal Nominal Nominal Nominal
V. Dependiente (Y) Recuperación de plantas de palto cv. Hass decaídas e infectadas con <i>P. cinnamomi</i> y el rendimiento del cultivo	Son evaluaciones que miden las características de daño ocasionado por <i>P. cinnamomi</i> y el rendimiento del cultivo de palto	Y1: Características de daño ocasionado por <i>P. cinnamomi</i> y el rendimiento del cultivo de palto	- Y1: Estado visual del árbol enfermo por <i>P. cinnamomi</i> antes y después de la aplicación de los tratamientos. - Y3: Porcentaje del sistema radicular enfermo por <i>P. cinnamomi</i> antes y después de la aplicación de los tratamientos. - Y4: Porcentaje de eficacia de control. - Y5: Número de frutos por árbol - Y6: Peso del fruto. - Y7: Rendimiento	Razón Razón Razón Razón

Fuente: elaboración propia

3.3.1 Variables a evaluar

Estado visual del árbol enfermo por *P. cinnamomi* antes y después de la aplicación de los tratamientos.

Para este parámetro se evaluó el estado sanitario del árbol enfermo mediante la escala propuesta por Georgi (1993). Dicha escala se midió en dos oportunidades, siendo la primera antes de la aplicación de los tratamientos y la segunda aplicación se realizó durante la cosecha.

Tabla 4

*Estado visual del árbol enfermo por *P. cinnamomi**

Escala	Clasificación	Síntoma visual
1	Árbol severamente enfermo	Para esta clasificación el árbol se caracteriza por manifestar un bajo vigor, escasa brotación, con una severa clorosis foliar y baja carga de frutas. Las raíces enfermas de color negro.
2	Árbol medianamente enfermo	El árbol se caracteriza por manifestar un vigor medio, brotación moderada, entre un 50 a 35% presenta clorosis foliar y baja carga de frutas. Las raíces enfermas en regular cantidad.
3	Árbol sano	Para esta clasificación el árbol se caracteriza por manifestar un vigor alto, abundante brotación, no presenta clorosis foliar y una alta carga frutal. Las raíces sanas de color blanco o crema en abundancia.

Fuente. Georgi (1993).

Porcentaje del sistema radicular enfermo por *P. cinnamomi* antes y después de la aplicación de los tratamientos.

El porcentaje de raíces enfermas del palto se realizó mediante la escala propuesta por Opazo (2000). Dicha escala se midió en dos oportunidades, siendo la primera antes de la aplicación de los tratamientos y la segunda aplicación se realizó durante la cosecha.

Tabla 5

Porcentaje del sistema radicular enfermo por *P. cinnamomi*

Escala	Porcentaje de raíces enfermas	Clasificación
1	0-19%	Buena
2	20-39%	Regular a Buena
3	40-59%	Regular
4	60-79%	Regular a mala
5	80-100%	Mala

Fuente. Opazo (2000).

Porcentaje de eficacia de control

Esta variable permitió medir la eficiencia de los fosfitos en la recuperación de árboles enfermos por *P. cinnamomi*, con el dato de referencia del porcentaje de raíces enfermas mediante la siguiente fórmula:

$$= \frac{\quad}{\quad} 100$$

Dónde:

EC = Eficiencia control

Ta = Testigo sin aplicación

To = Tratamiento aplicado

Número de frutos por árbol

Para la evaluación de este parámetro se realizó contando frutos de cada árbol muestreado.

Peso del fruto

Se realizó el peso del fruto por cada unidad experimental el mismo día de cosecha mediante la balanza digital.

Rendimiento

Se pesó el mismo día de cosecha, recolectando frutos de los árboles muestreados por cada unidad experimental y el dato se llevó a $t\ ha^{-1}$.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Los materiales usados son los siguientes:

Wincha.

Fosfitos.

Letreros.

Fertilizantes sintéticos

Insecticidas.

Abonos foliares.

Balanza digital.

Bolsas de papel, etc.

3.5 Técnicas para el procedimiento de la investigación

Los datos de campo de las diferentes variables fueron procesados usando el software estadístico infostat.

CAPITULO IV

4. RESULTADOS

4.1. Estado visual del árbol enfermo por *P. cinnamomi* antes de la aplicación de los tratamientos

Los resultados del análisis de varianza del estado visual del árbol enfermo por *P. cinnamomi* antes de la aplicación de los tratamientos (Tabla 6), se observa que no hay diferencias significativas entre bloques y los tratamientos. El coeficiente de variación es de 20,8 valor que indica que la investigación reporta precisión experimental (Serfontein y Wright, 2013).

Tabla 6

Estado visual del árbol enfermo por P. cinnamomi antes de la aplicación de los tratamientos

F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor	Sig.
Bloques	3	0,19	0,06	0,16	0,9219	ns
Tratamientos	3	0,19	0,06	0,16	0,9220	ns
Error	9	3,56	0,40			
Total	15	3,94				

C.V. = 20,8%

ns. = no significativo, ** = altamente significativo

La Tabla 7, muestra que el comparativo de medias de los tratamientos según la prueba de Tukey para el estado visual del árbol enfermo por *P. cinnamomi* antes de la aplicación de los tratamientos, reportó que los tratamientos fueron estadísticamente homogéneas, con valores iguales entre los tratamientos “T3: Aplicación al suelo con fosfito de potasio a dosis de 1 ml/planta (4 L/ha), T2: Aplicación al suelo con fosfito de potasio a dosis de 0.5 ml/planta (2 L/ha) y T0: Testigo” con una escala de 2,5 según la clasificación su estado visual pertenece a un árbol severamente enfermo y el tratamiento T1: Aplicación al suelo con fosfito de potasio a dosis de 0.25 ml/planta (1 L/ha) fue el menor con una escala de 2,3 según la clasificación su estado visual pertenece a un árbol medianamente enfermo.

Tabla 7

Prueba Tukey del comparativo de medias del estado visual del árbol enfermo por P. cinnamomi antes de la aplicación de los tratamientos

Tratamientos	Escala	Prueba de Tukey
T2: Aplicación al suelo con fosfito de potasio a dosis de 0.5 ml/planta (2 L/ha).	2,5	A
T3: Aplicación al suelo con fosfito de potasio a dosis de 1 ml/planta (4 L/ha).	2,5	A
T0: Testigo sin aplicación	2,5	A
T1: Aplicación al suelo con fosfito de potasio a dosis de 0.25 ml/planta (1 L/ha).	2,3	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

4.2. Estado visual del árbol enfermo por *P. cinnamomi* después de la aplicación de los tratamientos

La Tabla 8, muestra los resultados del análisis de varianza del estado visual del árbol enfermo por *P. cinnamomi* después de la aplicación de los tratamientos, donde se observa que no hay diferencias significativas entre bloques y para los tratamientos se observa diferencias significativas. El coeficiente de variación es de 19,3% valor que reporta precisión experimental (Serfontein y Wright, 2013).

Tabla 8

Estado visual del árbol enfermo por P. cinnamomi después de la aplicación de los tratamientos

F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor	Sig.
Bloques	3	0,25	0,08	0,23	0,8427	ns
Tratamientos	3	4,25	1,42	3,92	0,0482	*
Error	9	3,25	0,36			
Total	15	7,75				

C.V. = 19,3 %

ns. = no significativo, ** = altamente significativo

La Tabla 9, muestra que el comparativo de medias de los tratamientos según la prueba de Tukey para el estado visual del árbol enfermo por *P. cinnamomi* después de la aplicación de los tratamientos, reportó que los tratamientos fueron estadísticamente diferentes, formándose dos grupos homogéneos, siendo el primer grupo conformado por los tratamientos: “T0: Testigo” con una escala de 3,0 y “T1: Aplicación al suelo con fosfito de potasio a dosis de 0.25 ml/planta (1 L/ha)” con una escala de 2,8 según la clasificación su estado visual pertenece a un árbol severamente enfermo. En cambio el segundo grupo conformado por el tratamiento “T2: Aplicación al suelo con fosfito de potasio a dosis de 0.5 ml/planta (2 L/ha)” y “T3: Aplicación al suelo con fosfito de potasio a dosis de 1 ml/planta (4 L/ha)” reportaron escalas de 2 y 1,8 respectivamente, según la clasificación su estado visual pertenece a un árbol medianamente enfermo.

Tabla 9

Prueba Tukey del comparativo de medias del estado visual del árbol enfermo por P. cinnamomi después de la aplicación de los tratamientos

Tratamientos	Escala	Prueba de Tukey
T0: Testigo sin aplicación	3,0	A
T1: Aplicación al suelo con fosfito de potasio a dosis de 0.25 ml/planta (1 L/ha).	2,8	A B
T2: Aplicación al suelo con fosfito de potasio a dosis de 0.5 ml/planta (2 L/ha).	2,0	B
T3: Aplicación al suelo con fosfito de potasio a dosis de 1 ml/planta (4 L/ha).	1,8	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

4.3. Porcentaje del sistema radicular enfermo por *P. cinnamomi* antes de la aplicación de los tratamientos

La Tabla 10, muestra los resultados del análisis de varianza del porcentaje del sistema radicular enfermo por *P. cinnamomi* antes de la aplicación de los tratamientos, donde se observa que no hay diferencias significativas entre bloques y tratamientos. El coeficiente de variación es de 18,2% valor que reporta precisión experimental (Serfontein y Wright, 2013).

Tabla 11

Análisis de varianza del porcentaje del sistema radicular enfermo por P. cinnamomi antes de la aplicación de los tratamientos

F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor	Significación
Bloques	3	2,25	0,75	1,08	0,4056	ns
Tratamientos	3	1,25	0,42	0,60	0,6310	ns
Error	9	6,25	0,69			
Total	15	9,75				

C.V. = 18,2 %

ns. = no significativo, ** = altamente significativo

La Ttabla 11, muestra que el comparativo de medias de los tratamientos según la prueba de Tukey para el porcentaje del sistema radicular enfermo por *P. cinnamomi* antes de la aplicación de los tratamientos, reportó que los tratamientos fueron estadísticamente homogéneas, con valores iguales entre los tratamientos “T3: Aplicación al suelo con fosfito de potasio a dosis de 1 ml/planta (4 L/ha) con una escala de 4,5 según la clasificación el porcentaje de raíces enfermas es de 60-79% y se clasifica como regular a mala, T2: Aplicación al suelo con fosfito de potasio a dosis de 0.5 ml/planta (2 L/ha) con una escala de 4,3 según la clasificación el porcentaje de raíces enfermas es de 60-79% y se clasifica como regular a mala, T0: Testigo sin aplicación” con una escala de 4,0 según la clasificación el porcentaje de raíces enfermas es de 60-79% y se clasifica como regular a mala y el tratamiento T1: Aplicación al suelo con fosfito de potasio a dosis de 0.25 ml/planta (1 L/ha) fue el menor con una escala de 3,8 según la clasificación el porcentaje de raíces enfermas es de 60-79% y se clasifica como regular a mala.

Tabla 11

Prueba Tukey del comparativo de medias del porcentaje del sistema radicular enfermo por P. cinnamomi antes de la aplicación de los tratamientos

Tratamientos	Escala	Prueba de Tukey
T3: Aplicación al suelo con fosfito de potasio a dosis de 1 ml/planta (4 L/ha).	4,5	A
T2: Aplicación al suelo con fosfito de potasio a dosis de 0.5 ml/planta (2 L/ha).	4,3	A
T0: Testigo sin aplicación	4,0	A
T1: Aplicación al suelo con fosfito de potasio a dosis de 0.25 ml/planta (1 L/ha).	3,8	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

4.4. Porcentaje del sistema radicular enfermo por *P. cinnamomi* después de la aplicación de los tratamientos

La Tabla 12, muestra los resultados del análisis de varianza del porcentaje del sistema radicular enfermo por *P. cinnamomi* después de la aplicación de los tratamientos, donde se observa que no hay diferencias significativas entre bloques y para los tratamientos se observa diferencias altamente significativas. El coeficiente de variación es de 16,9% valor que reporta precisión experimental (Serfontein y Wright, 2013).

Tabla 12

Análisis de varianza del porcentaje del sistema radicular enfermo por P. cinnamomi antes de la aplicación de los tratamientos

F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor	Significación
Bloques	3	0,69	0,23	0,67	0,5896	ns
Tratamientos	3	28,19	9,40	27,61	0,0001	**
Error	9	3,06	0,34			
Total	15	31,94				

C.V. = 16,9 %

ns. = no significativo, ** = altamente significativo

La Tabla 13, muestra que el comparativo de medias de los tratamientos según la prueba de Tukey para el estado visual del árbol enfermo por *P. cinnamomi* después de la aplicación de los tratamientos, reportó que los tratamientos fueron estadísticamente diferentes, formándose dos grupos homogéneos, siendo el primer grupo conformado por los tratamientos: “T0: Testigo sin aplicación” con una escala de 5,0 según la clasificación el porcentaje de raíces enfermas es de 80-100% y se clasifica como mala y el T1: Aplicación al suelo con fosfito de potasio a dosis de 0.25 ml/planta (1 L/ha)” con una escala de 4,5 según la clasificación el porcentaje de raíces enfermas es de 80-100% y se clasifica como mala. En cambio el segundo grupo conformado por el tratamiento “T2: Aplicación al suelo con fosfito de potasio a dosis de 0.5 ml/planta (2 L/ha)” con una escala de 2,5 según la clasificación el porcentaje de raíces enfermas es de 40-59% y se clasifica como regular y el tratamiento “T3: Aplicación al suelo con fosfito de potasio a dosis de 1 ml/planta (4 L/ha)” fue el que presentó menor valor con una escala de 2,0 según la clasificación el porcentaje de raíces enfermas es de 20-39% y se clasifica como regular a buena.

Tabla 13

Prueba Tukey del comparativo de medias del porcentaje del sistema radicular enfermo por P. cinnamomi después de la aplicación de los tratamientos

Tratamientos	Escala	Prueba de Tukey
T0: Testigo sin aplicación	5,0	A
T1: Aplicación al suelo con fosfito de potasio a dosis de 0.25 ml/planta (1 L/ha).	4,5	A
T2: Aplicación al suelo con fosfito de potasio a dosis de 0.5 ml/planta (2 L/ha).	2,5	B
T3: Aplicación al suelo con fosfito de potasio a dosis de 1 ml/planta (4 L/ha).	2,0	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

4.5. Porcentaje de eficacia de control

La Tabla 14, muestra los resultados del análisis de varianza del porcentaje de eficacia de control, donde se observa que no hay diferencias significativas entre bloques y para los tratamientos se observa diferencias altamente significativas. El coeficiente de variación es de 17,2 % valor que reporta buena precisión experimental (Serfontein y Wright, 2013).

Tabla 14

Análisis de varianza del porcentaje de eficacia de control

F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor	Significación
Bloques	3	275,0	91,67	0,67	0,5896	ns
Tratamientos	3	11275,0	3758,33	27,61	0,0002	**
Error	9	1225,0	136,11			
Total	15	12775,0				

C.V. = 17,2 %

ns. = no significativo, ** = altamente significativo

La Tabla 15, muestra que el comparativo de medias de los tratamientos según la prueba de Tukey para el porcentaje de eficacia de control, reportó que los tratamientos fueron estadísticamente diferentes, formándose dos grupos homogéneos, siendo el primer grupo conformado por los tratamientos: T3: Aplicación al suelo con fosfito de potasio a dosis de 1 ml/planta (4 L/ha) y el T2: Aplicación al suelo con fosfito de potasio a dosis de 0.5 ml/planta (2 L/ha) con 60 y 50,0% de eficacia de control, respectivamente. En cambio el segundo grupo conformado por el tratamiento T1: Aplicación al suelo con fosfito de potasio a dosis de 0.25 ml/planta (1 L/ha)” con 10% y por último el “T0: Testigo sin aplicación” con 0%.

Tabla 15

Prueba Tukey del comparativo de medias del porcentaje de eficacia de control

Tratamientos	Porcentaje	Prueba de Tukey
T3: Aplicación al suelo con fosfito de potasio a dosis de 1 ml/planta (4 L/ha).	60,0	A
T2: Aplicación al suelo con fosfito de potasio a dosis de 0.5 ml/planta (2 L/ha).	55,0	A
T1: Aplicación al suelo con fosfito de potasio a dosis de 0.25 ml/planta (1 L/ha).	10,0	B
T0: Testigo sin aplicación	0,0	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

4.7. Peso de frutos por árbol

La Tabla 16, muestra el análisis de varianza para el peso del fruto del palto (g/fruto), donde se observa que no existen diferencias significativas entre bloques y para los tratamientos se observa diferencias altamente significativas. El coeficiente de variación es de 8,7% valor que reporta buena precisión experimental (Serfontein y Wright, 2013).

Tabla 16

Análisis de varianza del peso de frutos por árbol (kg/árbol)

F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor	Significación
Bloques	3	2,29	0,76	1,68	0,2496	ns
Tratamientos	3	215,98	71,99	159,0	0,0001	**
Error	9	4,07	0,45			
Total	15	222,34				

C.V. = 8,7%

ns. = no significativo, ** = altamente significativo

La Tabla 18, muestra que el comparativo de medias de los tratamientos según la prueba de Tukey para el peso del fruto del palto (g/fruto), reportó que los tratamientos fueron estadísticamente diferentes, el tratamiento “T3: Aplicación al suelo con fosfito de potasio a dosis de 1 ml/planta (4 L/ha)” reportó 11,8 kg/árbol y tratamiento “T2: Aplicación al suelo con fosfito de potasio a dosis de 0.5 ml/planta (2 L/ha)” con 10,7 kg/árbol, fueron los que obtuvieron mayor peso de frutos por árbol superando a los demás tratamientos, seguido del tratamiento “T1: Aplicación al suelo con fosfito de potasio a dosis de 0.25 ml/planta (1 L/ha)” con 6 kg/árbol y por último el “T0: Testigo sin aplicación” con 2,6 kg/árbol.

Tabla 17

Prueba Tukey del comparativo de medias del peso de los frutos por árbol (kg/árbol)

Tratamientos	Peso (kg/árbol)	Prueba de Tukey
T3: Aplicación al suelo con fosfito de potasio a dosis de 1 ml/planta (4 L/ha)	11,8	A
T2: Aplicación al suelo con fosfito de potasio a dosis de 0.5 ml/planta (2 L/ha)	10,7	A
T1: Aplicación al suelo con fosfito de potasio a dosis de 0.25 ml/planta (1 L/ha)	6,0	B
T0: Testigo sin aplicación	2,6	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

4.8. Rendimiento del palto

La Tabla 18, muestra los resultados del análisis de varianza para el rendimiento del palto, donde se observa que no hubo diferencias significativas entre bloques y para los tratamientos se observa diferencias altamente significativas. El coeficiente de variación fue de 8,4% valor que reporta buena precisión experimental (Serfontein y Wright, 2013).

Tabla 18

Análisis de varianza del rendimiento del palto (kg/ha)

F.V.	GL	SC	CM	F	P	Significación
Bloques	3	910205,25	303401,75	1,83	0,2113	ns
Tratamientos	3	84287884,25	28095961,42	169,78	0,0001	**
Error	9	1489386,25	165487,36			
Total	15	86687475,75				

C.V. = 8,4 %

ns. = no significativo, ** = altamente significativo

La tabla 19 muestra que el comparativo de medias de los tratamientos según la prueba de Tukey para el rendimiento del palto (kg/ha), donde reportó que los tratamientos fueron estadísticamente diferentes, siendo el tratamiento “T3: Aplicación al suelo con fosfito de potasio a dosis de 1 ml/planta (4 L/ha)” quien reportó un rendimiento de 7 350 kg/ha, similar estadísticamente al tratamiento “T2: Aplicación al suelo con fosfito de potasio a dosis de 0.5 ml/planta (2 L/ha)” con 6 642 kg/ha, superiores estadísticamente a los tratamientos “T1: Aplicación al suelo con fosfito de potasio a dosis de 0.25 ml/planta (1 L/ha)” con 3 750 kg/ha y al “T0: Testigo sin aplicación” con 1 625 kg/ha.

Tabla 19

Prueba Tukey del comparativo de promedios del rendimiento del palto (kg/ha)

Tratamientos	Rendimiento (kg/ha)	Prueba de Tukey
T3: Aplicación al suelo con fosfito de potasio a dosis de 1 ml/planta (4 L/ha)	7 350	A
T2: Aplicación al suelo con fosfito de potasio a dosis de 0.5 ml/planta (2 L/ha)	6 642	A
T1: Aplicación al suelo con fosfito de potasio a dosis de 0.25 ml/planta (1 L/ha)	3 750	B
T0: Testigo sin aplicación	1 625	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

CAPITULO V

5.- DISCUSIONES

5.1. Estado visual del árbol enfermo por *P. cinnamomi* antes y después de la aplicación de los tratamientos

El resultado del análisis estadístico para el estado visual del árbol enfermo por *P. cinnamomi* antes de la aplicación de los tratamientos, indica que los tratamientos son similares entre sí, esto indica que los árboles presentaron un estado severamente enfermo sin embargo, el tratamiento T1 presentó un estado medianamente enfermo. En cambio, después de la aplicación de los tratamientos, el análisis estadístico, reportó diferencias entre los tratamientos siendo el T0 y el T1 presentaron un estado de árbol severamente enfermo y el tratamiento T2 y T3 reportaron árboles con estado medianamente enfermos, es decir que el método de aplicación por vía drench o vía suelo con altas dosis logró recuperar el estado sanitario del árbol enfermo, llegando a controlar e impedir el avance de la *P. cinnamomi*.

Los resultados se asemejan a lo reportado por Opazo (2000) quien luego de evaluar dos métodos de aplicación de fosfitos en la recuperación de árboles de palto decaídos por *P. cinnamomi*, demostró que tanto la aplicación de pintura y la aplicación al suelo con fosfito de potasio variaron estados entre medianamente enfermos y severamente enfermos, siendo el método de aplicación al suelo, quien recuperó completamente al árbol enfermo.

Asimismo, los resultados indican que el rejuvenecimiento de los árboles enfermos fue más rápido con fosfito potasio aplicados al suelo a dosis de 1.25 ml/planta (4 L/ha) que con la aplicación al suelo con fosfito de potasio. En estudios realizados por Castaño y Leal (2018) quienes reportan que la aplicación de fosfito potasio la recuperación es más rápida que con el metalaxyl, debido a que el metalaxyl presenta baja adsorción y alta movilidad, que en consecuencia se lixivias fácilmente en suelos sueltos y arenosos. En cambio, la aplicación de fosfito de potasio mediante la inyección al tronco del árbol enfermo presenta mayor recuperación y el rejuvenecimiento es más rápido (Akinsanmi y Drenth, 2013).

5.2. Porcentaje del sistema radicular enfermo por *P. cinnamomi* antes de la aplicación de los tratamientos

El resultado del análisis estadístico para el porcentaje del sistema radicular enfermo por *P. cinnamomi* antes de la aplicación de los tratamientos, reportó similitud por lo que el análisis al sistema radicular de los árboles estos presentaron un promedio de 60-79% de raíces enfermas y su clasificación fue de regular a mala. En cambio después de la aplicación de los tratamientos, reportó diferencias estadísticas entre los tratamientos mostrando al T0 y T1 con 80 a 100% de raíces enfermas clasificando su sistema radicular como mala. Sin embargo, con aplicaciones con dosis más altas como el T2 y el T3 reportaron un sistema radicular clasificado como regular y regular a buena, respectivamente, es decir la aplicación de fosfito de potasio aplicado al suelo con dosis altas permite recuperar el sistema radicular enfermo por *P. cinnamomi*, sin embargo con mayor dosis la recuperación de las raíces fue más rápida, llegando a producir nuevas raíces con mayor rapidez.

Resultados concuerdan con Serfontein y Wright (2013) quienes al evaluar la eficacia de la aplicación de fosfito de potasio aplicado vía drench o directamente al suelo para el control de la pudrición de la raíz, ha demostrado que directamente al suelo es una aplicación eficaz de fosfito de potasio, ya que mejoraron la salud del árbol de palto, con valores de calificación de los árboles que variaron de 4,25 a 5,25, obteniendo un estado del sistema radicular de regular a buena, sin embargo, el testigo presentó un aumento de calificación del árbol de 4,63 a 4,88. En cambio las aplicaciones de fosfito de potasio por vía suelo mejoraron la salud de los árboles, con valores de calificación que disminuyeron entre 0,125 y 0,875, el cual indica que la aplicación vía drench mejoran la salud del árbol de palto.

Así mismo, los resultados corroboraron por McLeod et al. (2018) quienes evaluando las concentraciones de fosfito de potasio aplicado al palto enfermo, reportaron una recuperación progresiva de los árboles de palto enfermos usando fosfito de potasio vía drench, además, adiciona que las inyecciones directamente al suelo con fosfito de potasio en el sistema radicular es una estrategia eficaz ya que controla a *Phytophthora cinnamomi* y produce nuevas raíces con mayor rapidez ya que encontró concentraciones de fosfito de raíz significativamente altas. Sin embargo, los residuos de fosfito en frutos fue más altos para la aplicación foliar al palto que la inyección al tronco el cual presentó residuos del fosfito insignificante o nulo.

5.3. Porcentaje de eficacia de control

El resultado del análisis estadístico para el porcentaje de eficacia de control, reportó diferencias entre los tratamientos, siendo el tratamiento T3 y T2 quienes obtuvieron alta eficacia con más de 50% de eficacia de control, es decir que el método de aplicación directamente al suelo con dosis altas, ya que presentaron alta eficacia de control quiere decir que alta dosis de fosfito de potasio permite controlar y recuperar los árboles enfermos. Resultados fueron similares a lo reportado por Serfontein y Wright (2013) indican que la aplicación por vía drench al suelo son eficaces contra la pudrición de la raíz. La eficacia de estos productos fue similar a la reportada para otros sistemas de cultivo de palto en costa (Mamani, 2017).

Resultado corroborado por Alvarado y Huarcaya (2019) quienes encontraron que la respuesta del fosfito de potasio mediante la aplicación directamente al suelo es una alternativa eficiente, debido a la rápida recuperación del sistema radicular de los árboles frutales afectados por *Phytophthora spp.*, indicando que el método de aplicación directamente al suelo permite a que el fosfito de potasio pueda ser fácilmente absorbido por el sistema vascular (xilema y floema) e inhibe el desarrollo de *Phytophthora* y detiene su esporulación. Asimismo, Pabón y Castaño (2015) sostienen que la recuperación del sistema radicular, depende del grado de la enfermedad, es decir que la recuperación es mayor para los árboles medianamente enfermos, mientras, que los árboles severamente enfermos es menor su recuperación. Siendo corroborado por Castaño y Leal (2018) quienes indican que la eficacia de los fungicidas para controlar *phytophthora* depende del estado sanitario de los árboles.

Mamani (2017) reportan que la efectividad del fosfito se debe a una relación entre la planta, la *phytophthora* y el fosfito, es decir cuando una raíz con altos niveles de fosfito es atacada por la *phytophthora* sufre una respuesta hipersensible y produce nuevas raíces alimentadoras para reemplazar las atacadas, asegurando así el mantenimiento del sistema radicular. Esta recuperación se debe a que Akinsanmi y Drenth (2013) indican que el fosfito aplicado como inyección en el tronco dio como resultado una detección relativamente más alta de ácido fosforoso en los tejidos vegetales que otros métodos de aplicación. Según Crane y Shearer (2014) encontraron que la aplicación directamente al suelo con fosfito de potasio inhibieron *P. cinnamomi* y recuperaron de manera más eficaz que la aplicación foliar al follaje. La aplicación foliar al follaje con fosfito de bajo volumen mostró la menor efectividad con 400 g/L de fosfito.

5.4. Número de frutos por árbol

Los resultados para el número de frutos por árbol, reportaron que los tratamientos T3 y T2 produjeron más de 40 frutos por árbol, en cambio los tratamientos T1 y T0 producen menos fruta con menos de 30 frutos por árbol. Resultados se asemejan a lo reportado por Castaño y Leal (2018) quienes reportan que la aplicación de fosfito potasio directamente al suelo obtuvo más de 40 frutos por árbol y la recuperación es más rápida que con el metalaxyl u otro fungicida químico con alta residualidad quien reportó menos frutos por árbol.

Asimismo, el resultado es corroborado por Leal et al. (2014) quienes evaluando el manejo de la pudrición radicular causado por el agente *P. cinnamomi* en el palto, concluyeron que la aplicación con fosfito de potasio reduce la enfermedad en los árboles, aumentando el crecimiento de nueva raíces y brotes en la copa del árbol, y aumenta el número de frutos del árbol de palto.

5.5. Peso de los frutos por árbol

El resultado del análisis estadístico para el peso del fruto del palto (kg/árbol), reportó diferencias entre los tratamientos, reportando al tratamiento T2 y al T3 con mayor peso superando los 10 kg/árbol, sin embargo, el T0 y el T1 obtuvieron menos de 10 kg/árbol. Es decir que la aplicación vía suelo con mayor dosis recuperan la salud del árbol y permiten que este llegue a producir más frutos, sobre todo frutos con buen peso, superando incluso los 10 kg/árbol a pesar que es de sierra y tienen solo 3 años de vida pero fue menor a los frutos producidos en sistemas de producción de costa que fácilmente superan los 10 kg/árbol al tercer año de vida.

Resultados se asemejan a lo encontrado por Castaño y Leal (2018) quienes demostraron que el fosfito de potasio aplicado vía suelo, obtuvieron peso de fruto con más de 250 g/fruto, ya que el fosfito tiene la capacidad de inhibir el desarrollo y esporulación de *Phytophthora cinnamomi*, mediante la producción de fitoalexinas en tejidos infectados como mecanismo de defensa ante este agente causal actuando, llegando a evitar necrosis en la zona de absorción de la raíz. Por lo tanto, existe una mayor proliferación de nuevas raíces, las cuales permiten absorber nutrientes y agua al árbol y en consecuencia el peso del fruto es mayor, así como la productividad de los árboles es más alta (Akinsanmi y Drenth, 2013).

Al respecto Bekker et al. (2014) quienes evaluando el efecto de la aplicación de fosfito de potasio directamente al suelo en árboles de palto infectados con *P. cinnamomi*, demostraron que la aplicación de fosfito de potasio a dosis de 20 l/árbol resultó en un aumento de raíces brotadas y sanas, así también de salud del follaje en el palto mucho mayor que los árboles sin aplicación debido a las continuas aplicaciones de fosfito de potasio soluble vía suelo a los árboles de palto que lograron suprimir de manera efectiva al agente causal *P. cinnamomi*, asimismo, esta recuperación permitió producir frutos con mayor peso superando los 10 kg/árbol en palto cv. Hass.

5.6. Rendimiento del palto

El resultado del análisis estadístico para rendimiento del palto (kg/ha), reportó diferencias entre los tratamientos, mostrando al tratamiento T3 y el T2 con más de 6 000 kg/ha, en comparación con el T0 y el T1 con menos de 4 000 kg/ha. Es decir que la aplicación vía suelo con dosis altas de fosfito de potasio presentan mayor recuperación y sanidad del árbol enfermo por *P. cinnamomi*, llegando a producir nuevo follaje y nuevas raíces los cuales logran absorber nutrientes y agua a través de las raíces nuevas y llegar al nuevo follaje que formará materia orgánica para aumentar el rendimiento.

Resultados concuerdan con Ramírez et al. (2014) quienes evaluando la aplicación vía suelo con fosfito de potasio para la recuperación de palto infectados con *P. cinnamomi*, demostraron que vía suelo con fosfito de potasio produce rendimientos de más de 6 000 kg/ha, así también reduce la enfermedad y aumenta el porcentaje de raíces nuevas, e incluso hace mención que el sistema radicular rejuvenecido mejora la absorción de nutrientes y agua, por ende aumenta el rendimiento.

Al respecto Villanueva (2012) indican que el fosfito de potasio reporta buenos resultados cuando es aplicado al suelo durante el período otoño/invierno cuando las raíces están creciendo activamente y cuando las hojas no. Si bien el fosfito de potasio todavía se mueve hacia las hojas inmediatamente después de la aplicación en las primeras 24 horas, después de unos días se mueve hacia las raíces. Resultado es corroborado por Hunter (2018) indica que el fosfito aplicado con mayor frecuencia a los árboles de palto directamente al suelo presentan recuperación del palto enfermos provocados por *P. cinnamomi*, mejoran la salud de la planta es decir se recupera las plantas del decaimiento, llegando a presentar mayor rendimiento.

CAPITULO VI

6.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

La aplicación vía suelo de fosfito de potasio a dosis altas, reportaron una mayor recuperación del estado sanitario de árboles afectados por *P. cinnamomi* y la producción de nuevas raíces del palto cv. Hass en condiciones de Recuay, Ancash.

El tratamiento “T3: Aplicación al suelo con fosfito de potasio a dosis de 1 ml/planta (4 L/ha)” y el tratamiento “T2: Aplicación al suelo con fosfito de potasio a dosis de 0.5 ml/planta (2 L/ha)” reportaron mayor efectividad de control de *P. cinnamomi* en palto cv. Hass en condiciones de Recuay, Ancash.

El T3: Aplicación al suelo con fosfito de potasio a dosis de 1 ml/planta (4 L/ha) y el T2: Aplicación al suelo con fosfito de potasio a dosis de 0.5 ml/planta (2 L/ha) reportaron mayor número de frutos por árbol y mayor peso de frutos por árbol del palto cv. Hass en condiciones de Recuay, Ancash.

Los tratamientos “T3: Aplicación al suelo con fosfito de potasio a dosis de 1 ml/planta (4 L/ha)” y el “T2: Aplicación al suelo con fosfito de potasio a dosis de 0.5 ml/planta (2 L/ha)” obtuvieron mayor rendimiento y recuperación del palto cv. Hass en condiciones de Recuay, Ancash.

6.2. Recomendaciones

Probar nuevamente los diferentes dosis de fosfito de potasio en plantas enfermas por *P. cinnamomi* en condiciones de Recuay, Ancash.

Difundir la aplicación de fosfito de potasio para la recuperación de palto enfermos por *P. cinnamomi* usando diferentes dosis aplicados directamente al suelo.

Realizar aplicaciones de aplicación al suelo con fosfito de potasio a dosis de 1 ml/planta (4 L/ha) y aplicación al suelo con fosfito de potasio a dosis de 0.5 ml/planta (2 L/ha) para la recuperación de plantas enfermas por *P. cinnamomi* en condiciones de costa.

Fortalecer el estudio de los diferentes métodos de aplicación del fosfito de potasio en otras zonas de producción de palto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

7.1. Fuentes bibliográficas

- Adaskaveg, J. E., Hao, W., y Förster, H. (2015). Postharvest Strategies for Managing Phytophthora Brown Rot of Citrus using Potassium Phosphite in Combination with Heat Treatments. *Plant disease*, 99(11), 1477–1482.
- Akinsanmi, O.A., and Drenth, A. (2013). Phosphite and metalaxyl rejuvenate macadamia trees in decline caused by *Phytophthora cinnamomi*. *Crop Protection* 53,29-36.
- Bekker, T., Labuschagne, N., Aveling, T., Regnier, T. y Kaiser, C (2014) Efectos del empapado del suelo con silicato de potasio soluble en agua en árboles de huertos comerciales de aguacate (*Persea americana* Mill.) Infectados con *Phytophthora cinnamomi* Rands sobre la densidad de las raíces y la salud del dosel, inducción y concentración de compuestos fenólicos. *South African Journal of Plant and Soil*, 31(2), 101-107.
- Bernal, J. (2014). *Actualización tecnológica de Buenas Prácticas Agrícolas en el cultivo de aguacate*. Corpoica, Bogotá D.C., Colombia, 410 p.
- Castaño-Zapata, J. (1989). Estandarización de la estimación de daños causados por hongos, bacterias y nematodos en fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Fitopat. Col.* 13(1), 9-19.
- Castaño, J., y Leal, J. (2018). Manejo integrado de la pudrición de raíces del aguacate (*Persea americana* Miller), causada por *Phytophthora cinnamomi* Rands. *Temas agrarios* 23(2), 131 – 143.
- Condori C. (2016). *Análisis de extracción de aceite de palta (Persea americana) de la variedad fuerte por evaporación rápida de agua* (tesis pregrado). Universidad Peruana Unión, Juliaca-Puno.
- Crane, C.E., y Shearer, B.L. (2014). Comparación de métodos de aplicación de fosfito para el control de *Phytophthora cinnamomi* en comunidades amenazadas. *Pathol de plantas de Australasia*. 43, 143-149.

- Dann, E.K., Ploetz, R.C., Coates, L.M., y Pegg, K.G. (2013). *Enfermedades foliares, frutales y del suelo*. El aguacate: botánica, producción y usos. Editado por Bruce Schaffer, B. Nigel Wolstenholme, y Anthony W. Whitley. Wallingford, Oxfordshire, Reino Unido: CABI. 380 - 422
- Dixon, R. A., Achnine, L., Kota, P., Liu, C. J., Reddy, M. S. S., y Wang, L. (2002). The phenylpropanoid pathway and plant defence—a genomics perspective. *Molecular Plant Pathology*, 3, 371-390.
- Gentile, S., Valentino, S. & Tamietti, G. (2019). Control of ink disease by trunk injection of potassium phosphite. *Journal of Plant Pathology*, 91(3), 565-571.
- Graham, J. (2011). Phosphite for control of Phytophthora diseases in citrus: model for management of Phytophthora species on forest trees?. *New Zealand Journal of Forestry Science* 41, 49-56.
- Hunter, S., Williams, N., McDougal, R., Scott, P., y Garbelotto, M. (2018). Evidence for rapid adaptive evolution of tolerance to chemical treatments in Phytophthora species and its practical implications. *PLoS one*, 13(12), e0208961.
- King, M., Reeve, W., Van Der Hoek, M. B., Williams, N., McComb, J., O'Brien, P. A., y Hardy, G. E. S. J. (2010). Defining the phosphite-regulated transcriptome of the plant pathogen *Phytophthora cinnamomi*. *Molecular Genetics and Genomics*, 284(6), 425-435.
- Ma, J. (2016). *Phosphite sensitivity of phytophthora cinnamomi and methods for quantifying phosphite from avocado roots* (thesis posgrado). Stellenbosch University, EEUU.
- McLeod, A., Masikane, S.L., Novel. P., Jing, M., Wessels, J.P.B. y Pieterse, P. (2018). Quantification of root phosphite concentrations for evaluating the potential of foliar phosphonate sprays for the management of avocado root rot. *Crop Protection* 103, 87-97.
- Leal, J.M., Castaño, J. and Bolñaños, M.M. (2014). Management of avocado (*Persea americana* Linneo) root rot (*Phytophthora cinnamomi* Rands). *Revista U.D.C.A. Actualidad & Divulgación Científica*, 17(1), 105-114.
- Leonel L. (2013). *Manual Técnico del cultivo de aguacate en Honduras Persea americana Mill*. Tegucigalpa, Francisco Morazan Honduras 58 pag.

- Lovatt, C. J., & Mikkelsen, R. L. (2006). Phosphite fertilizers: What are they? Can you use them? What can they do?. *Better Crops*, 90, 11-13.
- Mamani, J. (2017). *Pseudomonas de rizósfera de palto (Persea americana Mill.) con actividad biocontroladora de Phytophthora cinnamomi rands, aisladas en costa central del Perú* (tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Nielsen, M.J. (2016). *Evaluation of Phytophthora Root Rot Resistance in Avocado* (thesis posgrado). The University of Queensland. New Zealand.
- Nyoni, M., Lötze, E., Mazzola, M. (2019). Evaluating different approaches in the application of phosphonates for the control of apple root diseases. *Australasian Plant Pathol.* 48, 461–472.
- Pabón, J., y Castaño, J. (2015). Evaluación de productos químicos y uno biológico para el manejo de *Phytophthora* spp. en naranjo ‘salustiana’ injertado en portainjerto sunki. *Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient.* 18(2), 339-349.
- Ramírez, J.G., Neda, D. & Morales, J.G. (2014). *Producción de árboles de aguacate infectados con Phytophthora cinnamomi bajo diferentes regímenes de manejo*. Conferencia: XVII Congreso de la Sociedad Española de Fitopatología. En: Palau de Congressos de Lleida. La Llotja.
- Rodríguez, S., Catuarias, T., Brmeer,H., Mourão, F. y Bordignon, R.M. (2016). Manejo de la poder de la raíz en aguacate. *Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal - SP*, 38(4), e-175.
- Serfontein, J., and Wright, J. (2013). Evaluation of alternative methods to stem injections to apply phosphonate to avocado trees for *Phytophthora* control, i.e. bark and soil penetrants to enhance phosphonate uptake – Preliminary report. *South African Avocado Growers’ Association Yearbook*, 36, 61-63.
- Stasikowski, P. M. (2012). *Biochemical effects of phosphite on the phytopathogenicity of Phytophthora cinnamomi Rands* (tesis posgrado). Murdoch University, Perth, Western Australia.
- Téliz, D. (2000). *El Aguacate y su manejo integrado*. Ediciones Mundi-Prensa. México.
- Tenorio, J. (2007). *Manual para el cultivo del Palto*. INICTEL-UNI.

Thao, H.T.B, & Yamakawa, T. (2009). Fosfito (ácido fosforoso): ¿Fungicida, fertilizante o bioestimulador ?. *Soil Science and Plant nutrition*, 55: 2, 228-234.

West, P. (2017). Phosphonate and Phytophthora. New Zealand Avocado Growers. *Journal March*, 25-29.

ANEXOS

Tabla 20

Matriz de consistencia

PLANTEAMIENTO		VARIABLES E		
DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	INDICADORES	MÉTODO
<p>Problema General</p> <ul style="list-style-type: none"> - ¿Cuál es el efecto del fosfito potásico en la recuperación de palto cv. Hass afectados por <i>Phytophthora cinnamomi</i> bajo condiciones de Recuay, Ancash? <p>Problemas Específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> - ¿Cómo controlar los diferentes métodos de aplicación con fosfito de potasio en la infección por <i>Phytophthora cinnamomi</i> bajo condiciones de Recuay, Ancash? - ¿Cuál es el efecto de los diferentes métodos de aplicación con fosfito de potasio en el estado sanitario del follaje y de raíces enfermas por <i>P. cinnamomi</i>, de palto cv. Hass en condiciones de Recuay, Ancash? - ¿Cuál es el efecto de los diferentes métodos de aplicación con fosfito de potasio en el rendimiento de palto cv. Hass, bajo condiciones de Recuay, Ancash? 	<p>Objetivo general</p> <ul style="list-style-type: none"> - Evaluar el efecto del fosfito potásico en la recuperación de palto cv. Hass afectados por <i>Phytophthora cinnamomi</i> bajo condiciones de Recuay, Ancash. <p>Objetivo específico</p> <ul style="list-style-type: none"> - Determinar la eficiencia de los diferentes métodos de aplicación con fosfito de potasio en la infección por <i>Phytophthora cinnamomi</i> bajo condiciones de Recuay, Ancash. - Evaluar el efecto de los diferentes métodos de aplicación con fosfito de potasio en el estado sanitario del follaje y de raíces enfermas por <i>P. cinnamomi</i>, de palto cv. Hass en condiciones de Recuay, Ancash. - Evaluar efecto de los diferentes métodos de aplicación con fosfito de potasio en el rendimiento de palto cv. Hass afectados por <i>Phytophthora cinnamomi</i> bajo condiciones de Recuay, Ancash. 	<p>Hipótesis general</p> <p>Ho: No existe efecto de las diferentes dosis de fosfito potásico en la recuperación de palto cv. Hass afectados por <i>Phytophthora cinnamomi</i> bajo condiciones de Recuay, Ancash.</p> <p>Ha: Al menos una dosis de fosfito potásico permite recuperar palto cv. Hass afectados por <i>Phytophthora cinnamomi</i> bajo condiciones de Recuay, Ancash.</p> <p>Hipótesis específicos</p> <p>Ho: No existe efecto del control de los métodos de aplicación con fosfito de potasio en la infección por <i>Phytophthora cinnamomi</i> bajo condiciones de Recuay, Ancash.</p> <p>Ha: Al menos uno de los métodos de aplicación con fosfito de potasio es efectivo en el control de <i>Phytophthora cinnamomi</i> bajo condiciones de Recuay, Ancash.</p> <p>Ho: No existe diferencias entre los diferentes métodos de aplicación con fosfito de potasio en el estado sanitario del follaje y de raíces enfermas por <i>P. cinnamomi</i>, de palto cv. Hass en condiciones de Recuay, Ancash.</p> <p>Ha: Al menos un métodos de aplicación con fosfito de potasio en el estado sanitario del follaje y de raíces enfermas por <i>P. cinnamomi</i>, de palto cv. Hass en condiciones de Recuay, Ancash.</p> <p>Ho: No existe diferencias entre los métodos de aplicación con fosfito de potasio en el rendimiento de palto cv. Hass afectados por <i>Phytophthora cinnamomi</i> bajo condiciones de Recuay, Ancash.</p> <p>Ha: Al menos uno los métodos de aplicación con fosfito de potasio tienen rendimiento significativo en el palto cv. Hass afectados por <i>Phytophthora cinnamomi</i> bajo condiciones de Recuay, Ancash.</p>	<p>Variables independientes (X)</p> <p>Tratamientos (X):</p> <ul style="list-style-type: none"> · T0: Testigo · T1: Aplicación al suelo con fosfito de potasio a dosis de 0,75 ml/planta (2.5 L/ha). · T2: Inyección al tronco con fosfito de potasio a dosis de 0.5 ml/planta (2L/ha). · T3: Inyección al tronco con fosfito de potasio a dosis de 1.25 ml/planta (4 L/ha). <p>Variables dependientes (Y):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Y1: Estado visual del árbol enfermo por <i>P. cinnamomi</i> antes y después de la aplicación de los tratamientos. - Y3: Porcentaje del sistema radicular enfermo por <i>P. cinnamomi</i> antes y después de la aplicación de los tratamientos. - Y4: Porcentaje de eficacia de control. - Y5: Número de frutos por árbol - Y6: Peso del fruto. - Y7: Rendimiento 	<p>El tipo de investigación fue experimental, debido a que se estimará el efecto diferentes dosis de fosfito potásico en la recuperación de palto cv. Hass afectados por <i>Phytophthora cinnamomi</i> bajo condiciones de Recuay, Ancash.</p> <p>El nivel de investigación será correlacional debido a que se relacionará las diferentes dosis de fosfito potásico sobre la recuperación y el rendimiento de palto cv. Hass afectados por <i>Phytophthora cinnamomi</i> bajo condiciones de Recuay, Ancash.</p>

Tabla 21

Datos de campo de las evaluaciones de la enfermedad para el estado visual del árbol enfermo por P. cinnamomi antes de la aplicación de los tratamientos

Tratamiento	Bloques				Total	Promedio
	I	II	III	IV		
T0: Testigo sin aplicación	2	2	3	3	10.0	2.5
T1: Aplicación al suelo con fosfito de potasio a dosis de 0.25 ml/planta (1 L/ha).	2	3	2	2	9.0	2.3
T2: Aplicación al suelo con fosfito de potasio a dosis de 0.5 ml/planta (2 L/ha).	2	3	2	3	10.0	2.5
T3: Aplicación al suelo con fosfito de potasio a dosis de 1 ml/planta (4 L/ha).	3	2	3	2	10.0	2.5
Total	9.0	10.0	10.0	10.0	39.0	2.4
Promedio	2.3	2.5	2.5	2.5		

Tabla 22

Datos de campo de las evaluaciones de la enfermedad para el estado visual del árbol enfermo por P. cinnamomi después de la aplicación de los tratamientos

Tratamiento	Bloques				Total	Promedio
	I	II	III	IV		
T0: Testigo sin aplicación	3	3	3	3	12.0	3.0
T1: Aplicación al suelo con fosfito de potasio a dosis de 0.25 ml/planta (1 L/ha).	2	3	3	3	11.0	2.8
T2: Aplicación al suelo con fosfito de potasio a dosis de 0.5 ml/planta (2 L/ha).	2	3	1	2	8.0	2.0
T3: Aplicación al suelo con fosfito de potasio a dosis de 1 ml/planta (4 L/ha).	2	1	2	2	7.0	1.8
Total	9.0	10.0	9.0	10.0	38.0	2.4
Promedio	2.3	2.5	2.3	2.5		

Tabla 23

Datos de campo del porcentaje del sistema radicular enfermo por P. cinnamomi antes de la aplicación de los tratamientos

Tratamiento	Bloques				Total	Promedio
	I	II	III	IV		
T0: Testigo sin aplicación	4	3	5	4	16.0	4.0
T1: Aplicación al suelo con fosfito de potasio a dosis de 0.25 ml/planta (1 L/ha).	4	3	5	3	15.0	3.8
T2: Aplicación al suelo con fosfito de potasio a dosis de 0.5 ml/planta (2 L/ha).	3	5	4	5	17.0	4.3
T3: Aplicación al suelo con fosfito de potasio a dosis de 1 ml/planta (4 L/ha).	5	4	5	4	18.0	4.5
Total	16.0	15.0	19.0	16.0	66.0	4.1
Promedio	4.0	3.8	4.8	4.0		

Tabla 25

Datos de campo del porcentaje del sistema radicular enfermo por P. cinnamomi antes de la aplicación de los tratamientos

Tratamiento	Bloques				Total	Promedio
	I	II	III	IV		
T0: Testigo sin aplicación	5	5	5	5	20.0	5.0
T1: Aplicación al suelo con fosfito de potasio a dosis de 0.25 ml/planta (1 L/ha).	5	4	5	4	18.0	4.5
T2: Aplicación al suelo con fosfito de potasio a dosis de 0.5 ml/planta (2 L/ha).	2	3	2	2	9.0	2.3
T3: Aplicación al suelo con fosfito de potasio a dosis de 1 ml/planta (4 L/ha).	2	1	3	2	8.0	2.0
Total	14.0	13.0	15.0	13.0	55.0	3.4
Promedio	3.5	3.3	3.8	3.3		

Tabla 26***Datos de campo del porcentaje de eficacia de control***

Tratamiento	Bloques				Total	Promedio
	I	II	III	IV		
T0: Testigo sin aplicación	0	0	0	0	0.0	0.0
T1: Aplicación al suelo con fosfito de potasio a dosis de 0.25 ml/planta (1 L/ha).	0	20	0	20	40.0	10.0
T2: Aplicación al suelo con fosfito de potasio a dosis de 0.5 ml/planta (2 L/ha).	60	40	60	60	220.0	55.0
T3: Aplicación al suelo con fosfito de potasio a dosis de 1 ml/planta (4 L/ha).	60	80	40	60	240.0	60.0
Total	120.0	140.0	100.0	140.0	500.0	31.3
Promedio	30.0	35.0	25.0	35.0		

Tabla 27***Datos de campo del número de frutos por árbol***

Tratamiento	Bloques				Total	Promedio
	I	II	III	IV		
T0: Testigo sin aplicación	17	23	21	19	80.0	20.0
T1: Aplicación al suelo con fosfito de potasio a dosis de 0.25 ml/planta (1 L/ha).	32	31	28	30	121.0	30.3
T2: Aplicación al suelo con fosfito de potasio a dosis de 0.5 ml/planta (2 L/ha).	43	42	39	41	165.0	41.3
T3: Aplicación al suelo con fosfito de potasio a dosis de 1 ml/planta (4 L/ha).	51	44	46	43	184.0	46.0
Total	143.0	140.0	134.0	133.0	550.0	34.4
Promedio	35.8	35.0	33.5	33.3		

Tabla 28*Datos de campo del peso del fruto (kg/fruto)*

Tratamiento	Bloques				Total	Promedio
	I	II	III	IV		
T0: Testigo sin aplicación	2.0	3.0	2.9	2.5	10.4	2.6
T1: Aplicación al suelo con fosfito de potasio a dosis de 0.25 ml/planta (1 L/ha).	6.7	6.3	5.3	5.7	24.0	6.0
T2: Aplicación al suelo con fosfito de potasio a dosis de 0.5 ml/planta (2 L/ha).	11.2	10.9	9.8	10.7	42.5	10.6
T3: Aplicación al suelo con fosfito de potasio a dosis de 1 ml/planta (4 L/ha).	13.3	11.4	11.5	10.8	47.0	11.8
Total	33.2	31.6	29.5	29.7	124.0	7.7
Promedio	8.3	7.9	7.4	7.4		

Tabla 27*Datos de campo del rendimiento del palto (kg/ha)*

Tratamiento	Bloques				Total	Promedio
	I	II	III	IV		
T0: Testigo sin aplicación	1275	1869	1813	1544	6500	1625
T1: Aplicación al suelo con fosfito de potasio a dosis de 0.25 ml/planta (1 L/ha).	4200	3914	3325	3563	15001	3750
T2: Aplicación al suelo con fosfito de potasio a dosis de 0.5 ml/planta (2 L/ha).	6988	6825	6094	6663	26569	6642
T3: Aplicación al suelo con fosfito de potasio a dosis de 1 ml/planta (4 L/ha).	8288	7150	7188	6775	29400	7350
Total	20750	19758	18419	18544	77470	4842
Promedio	5188	4939	4605	4636		

Anexo 3. Imágenes de evaluaciones de campo







Figura 4. Preparación y aplicación de los tratamientos











Figura 5. Estado sanitario del árbol









Figura 6. Evaluaciones de fruto y raíz.