

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA  
MOLINA**

**FACULTAD DE AGRONOMIA**



“USO DE FOSFITOS EN LA PREVENCIÓN DE *Phytophthora cinnamomi* EN ARÁNDANO (*Vaccinium corymbosum*) cv. Biloxi, EN INVERNADERO”

Presentada por:

LUZ HUAYHUA SOLÓRZANO

Tesis para optar el Título de:

INGENIERO AGRONOMO

Lima – Perú

2016

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE AGRONOMIA

“USO DE FOSFITOS EN LA PREVENCIÓN DE *Phytophthora cinnamomi* EN  
ARÁNDANO (*Vaccinium corymbosum*) cv. Biloxi, EN INVERNADERO”

Presentado por.

LUZ HUAYHUA SOLÓRZANO

Tesis para optar el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Sustentada y Aprobada ante el siguiente jurado:

-----  
Dr. Jorge Escobedo Álvarez  
PRESIDENTE

-----  
Ing. Mg. Sc. Walter Apaza Tapia  
ASESOR

-----  
Ing. Mg. Sc. Carlos Cadenas Giraldo  
MIEMBRO

-----  
Ing. Ángel Alfonso Palomo Herrera  
MIEMBRO

Lima - Perú

2016

DEDICADO:

A mis padres

Ángel Huayhua y Lutgarda Solórzano

Por haberme forjado como la persona que soy, muchos de mis logros se los debo a ustedes.

Por sus valores inculcados y su gran amor.

A mis hermanos

Teresa, Roberth, Miguel Ángel, Luzgarda, Isaura, flor de Liz

Por haberme apoyado en todo momento, por sus sabios consejos, por la motivación constante.

Son mi mayor ejemplo.

## **AGRADECIMIENTO**

A mi asesor de tesis. Ing. Walter Apaza Tapia, por su esfuerzo, conocimiento y orientaciones para con mi persona.

A mis amigos, quienes me apoyaron permanentemente con espíritu alentador, contribuyendo incondicionalmente a lograr mis metas y objetivos propuestos.

## I. ÍNDICE

I.	<b>ÍNDICE</b> .....	1
	Índice de cuadros	
	Índice de figura	
	Índice de anexos	
II.	<b>RESUMEN</b> .....	10
III.	<b>INTRODUCCION</b> .....	11
IV.	<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	11
	4.1.GENERALIDADES DE <i>Vaccinium corymbosum L</i> .....	13
	4.1.1. ORIGEN .....	13
	4.1.2. CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS Y TAXONÓMICAS .....	14
	a. SISTEMA RADICULAR .....	14
	b. HOJAS .....	15
	c. FLORES .....	15
	d. FRUTO .....	15
	e. HABITOS DE CRECIMIENTO .....	17
	4.1.3. REQUERIMIENTOS CLIMATICOS .....	17
	4.1.4. REQUERIMIENTO HÍDRICO .....	18
	4.1.5. REQUERIMIENTOS EDÁFICOS .....	19
	4.2.ENFERMEDADES .....	20
	4.2.1. CARACTERISTICAS DE LA PUDRICION RADICULAR ( <i>Phytophthora cinnamomi</i> ) .....	22
	a. TAXONOMIA Y MORFOLOGIA DEL PATOGENO .....	22
	b. CICLO BIOLÓGICO .....	23
	c. DISPERSIÓN .....	23
	d. SÍNTOMAS .....	24
	4.2.2. CICLO DE LA ENFERMEDAD y EPIDEMIOLOGIA .....	24

4.3 CONTROL .....	25
<b>V. MATERIALES Y METODOS .....</b>	<b>28</b>
5.1.UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO .....	28
5.2.MATERIALES BIOTICOS .....	28
5.2.1. ARANDANO ( <i>Vaccinium corymbosum</i> ) .....	28
5.3.FASE LABORATORIO .....	28
5.3.1. AISLAMIENTO DEL PATOGENO .....	28
5.3.2. IDENTIFICACIÓN DEL PATÓGENO .....	29
5.3.3. DISEÑO ESTADISTICO PARA LA PRUEBA <i>in vitro</i> .....	29
5.3.4. PRUEBA DE FUNGICIDAS <i>in vitro</i> .....	29
5.3.5. TRATAMIENTOS EVALUADOS <i>in vitro</i> .....	31
5.4.FASE DSE INVERNADERO .....	32
5.4.1. EL SUSTRATO .....	32
5.4.2. TRASPLANTE DE ÁRANDANO ( <i>Vaccinium corymbosum</i> ) cv. BILOXI	32
5.4.3. PREPARACION DEL INOCULO DE <i>P. cinnamomi</i> .....	32
5.4.4. INOCULACIÓN DEL PATÓGENO .....	33
5.4.5. APLICACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS .....	33
5.5.VARIABLES EVALUADAS EN INVERNADERO .....	35
5.5.1. ALTURA DE PLANTA (ap) .....	35
5.5.2. DIAMETRO DE TALLO (dt) .....	35
<b>5.5.3. PESO FRESCO DE FOLLAJE (pff)</b>	
5.5.4. PESO FRESCO RAIZ (pfr)	
5.5.5. PESO SECO DE FOLLAJE (psf)	
5.5.6. PESO SECO RAIZ (psr)	
5.5.7. LONGITUD DE RAIZ (lr) .....	36
5.5.8. PORCENTAJE DEL DAÑO A LA RAIZ .....	36
5.6.DISEÑO ESTADISTICO PARA LA PRUEBA EN INVERNADERO.....	36
<b>VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>37</b>
6.1.FASE DE LABORATORIO .....	37
6.1.1. AISLAMIENTO É IDENTIFICACIÓN DE <i>Phytophthora cinnamomi</i> ...	37
<b>6.1.2. PRUEBA DE ALIMENTO ENVENENADO <i>in vitro</i> .....</b>	<b>38</b>
6.2.FASE DE INVERNADERO .....	44
6.2.1. ALTURA DE PLANTA .....	44
6.2.2. DIAMETRO DE TALLO .....	50

6.2.3. PESO FRESCO FOLIAR .....	53
6.2.4. PESO FRESCO RADICULAR .....	55
6.2.5. PESO SECO FOLIAR .....	57
6.2.6. PESO SECO RADICULAR .....	59
6.2.7. LONGITUD DE RAICES .....	62
<b>6.2.8. PORCENTAJE DEL DAÑO A LA RAIZ .....</b>	<b>66</b>
<b>VII. CONCLUSIONES .....</b>	<b>70</b>
<b>VIII. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>71</b>
<b>IX. BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>72</b>
<b>X. ANEXOS .....</b>	<b>78</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro</b>	<b>Pág.</b>
CUADRO 1. Tratamientos para la prueba in vitro en el control de <i>Phytophthora cinnamomi</i> en el cultivo de arándanos ( <i>Vaccinium corymbosum</i> ) Cv. Biloxi. La Molina 2014. ....	31
CUADRO 2. Tratamientos para el control de <i>Phytophthora cinnamomi</i> en el cultivo de arándanos ( <i>Vaccinium corymbosum</i> ) Cv. Biloxi. La Molina 2014 .....	34
CUADRO 3: Diámetro de desarrollo micelial (cm) de <i>Phytophthora cinnamomi</i> a 25 °C bajo los diferentes tratamientos. ....	40
CUADRO 4: Promedios de altura de planta (cm), para la prueba de alternativas de control preventivo con el uso de fosfitos en el cultivo de arándano ( <i>Vaccinium corymbosum</i> ) va. Biloxi. A la inoculación con <i>Phytophthora cinnamomi</i> . La Molina – Lima. 2014 .....	45
CUADRO 5: Promedios de diámetro de planta (mm), para la prueba de alternativas de control preventivo con el uso de fosfitos en el cultivo de arándano ( <i>Vaccinium corymbosum</i> ) va. Biloxi. A la inoculación con <i>Phytophthora cinnamomi</i> . La Molina – Lima. 2014 .....	50
CUADRO 6: Promedios de peso fresco foliar (gr), para la prueba de alternativas de control preventivo con el uso de fosfitos en el cultivo de arándano ( <i>Vaccinium corymbosum</i> ) va. Biloxi. A la inoculación con <i>Phytophthora cinnamomi</i> . La Molina – Lima. 2014 .....	53
CUADRO 7: Promedios de peso fresco radicular (gr), para la prueba de alternativas de control preventivo con el uso de fosfitos en el cultivo de arándano ( <i>Vaccinium corymbosum</i> ) va. Biloxi. A la inoculación con <i>Phytophthora cinnamomi</i> . La Molina – Lima. 2014 .....	55
CUADRO 8: Promedios de peso seco foliar (gr), para la prueba de alternativas de control preventivo con el uso de fosfitos en el cultivo de arándano ( <i>Vaccinium corymbosum</i> ) va. Biloxi. A la inoculación con <i>Phytophthora cinnamomi</i> . La Molina – Lima. 2014 .....	57



CUADRO 9: Promedios de peso seco radicular (gr), para la prueba de alternativas de control preventivo con el uso de fosfitos en el cultivo de arándano ( <i>Vaccinium corymbosum</i> ) va. Biloxi. A la inoculación con <i>Phytophthora cinnamomi</i> . La Molina – Lima. 2014 .....	60
CUADRO 10: Promedios de longitud de raíces (cm.), para la prueba de alternativas de control preventivo con el uso de fosfitos en el cultivo de arándano ( <i>Vaccinium corymbosum</i> ) va. Biloxi. A la inoculación con <i>Phytophthora cinnamomi</i> . La Molina – Lima. 2014 .....	63
CUADRO 11: Promedios de porcentaje de raíz enferma (%), para la prueba de alternativas de control preventivo con el uso de fosfitos en el cultivo de arándano ( <i>Vaccinium corymbosum</i> ) va. Biloxi. A la inoculación con <i>Phytophthora cinnamomi</i> . La Molina – Lima. 2014 .....	68

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Pág.</b>
FIGURA 1: Crecimiento micelial de <i>Phytophthora cinnamomi</i> sobre medio PDA ....	37
FIGURA 2: Diámetro del crecimiento micelial (cm) de <i>Phytophthora cinnamomi</i> al octavo día de evaluación bajo diferentes tratamientos. ....	41
FIGURA 3: Curva de desarrollo micelial (cm/día) de <i>Phytophthora cinnamomi</i> a 25 <sup>0</sup> C bajo los diferentes tratamientos. ....	42
FIGURA 4: Tratamientos <i>in vitro</i> con diferentes porcentajes para el control de <i>Phytophthora cinnamomi</i> . ....	43
FIGURA 5: Curva de desarrollo en altura de planta (cm) en la prueba en invernadero para el control preventivo de <i>Phytophthora cinnamomi</i> bajo los diferentes tratamiento. ....	46
FIGURA 6: Promedio de altura de planta (cm) en la prueba en invernadero para el control de <i>Phytophthora cinnamomi</i> bajo los diferentes tratamientos. ....	47
FIGURA 7: comparativo entre los tratamientos al termino del trabajo experimental. Plantas de arándano ( <i>Vaccinium corymbosum</i> ) Cv. Biloxi. ....	48
FIGURA 8: total de plantas al termino del trabajo experimental. ....	49
FIGURA 9: Curva de desarrollo diámetro de planta (mm) en la prueba en invernadero para el control preventivo de <i>Phytophthora cinnamomi</i> bajo los diferentes tratamientos. ....	51
FIGURA10: Promedio de diámetro de planta (mm) en la prueba en invernadero para el control de <i>Phytophthora cinnamomi</i> bajo los diferentes tratamientos. ....	52
FIGURA 11: promedio de peso fresco foliar de la planta (gr) en la prueba en invernadero para el control preventivo de <i>Phytophthora cinnamomi</i> bajo los diferentes tratamientos. ....	54
FIGURA 12: promedio de peso fresco radicular de la planta (gr) en la prueba en invernadero para el control preventivo de <i>Phytophthora cinnamomi</i> bajo los diferentes tratamientos. ....	56

FIGURA 13: promedio de peso fresco radicular de la planta (gr) en la prueba en invernadero para el control preventivo de <i>Phytophthora cinnamomi</i> bajo los diferentes tratamiento. ....	58
FIGURA 14: promedio de peso fresco radicular de la planta (gr) en la prueba en invernadero para el control preventivo de <i>Phytophthora cinnamomi</i> bajo los diferentes tratamientos. ....	61
FIGURA 15: Promedio de longitud de raíz (cm.) en la prueba en invernadero para el control preventivo de <i>Phytophthora cinnamomi</i> bajo los diferentes tratamientos. ....	64
FIGURA 16: Comparativo de raíz entre los tratamientos al termino del trabajo experimental en la prueba de alternativas de control preventivo con el uso de fosfitos en el cultivo de arándanos ( <i>Vaccinium corymbosum</i> ) Cv. Biloxi a la inoculación con <i>Phytophthora cinnamomi</i> . ....	65
FIGURA 17: Promedio de daño de la raíz (%) en la prueba en invernadero para el control preventivo de <i>Phytophthora cinnamomi</i> bajo los diferentes tratamientos. ....	69

## LISTA DE ANEXOS

Anexo	Titulo	Pág.
A.	ANVA y Prueba de tukey para datos del octavo día de crecimiento micelial (cm) de <i>P. cinnamomi</i> bajo los diferentes tratamientos. ....	78
B.	ANVA y Prueba de Tukey para la variable altura de planta (cm) bajo los diferentes tratamientos. ....	79
C.	ANVA y Prueba de Tukey para la variable diámetro de tallo (mm) bajo los diferentes tratamientos. ....	80
D.	ANVA y Prueba de Tukey para la variable peso fresco foliar (gr.) bajo los diferentes tratamientos. ....	81
E.	ANVA y Prueba de Tukey para la variable peso fresco radicular (gr.) bajo los diferentes tratamientos. ....	82
F.	ANVA y Prueba de Tukey para la variable peso seco foliar (gr.) bajo los diferentes tratamientos. ....	83
G.	ANVA y Prueba de Tukey para la variable peso seco radicular (gr.) bajo los diferentes tratamientos. ....	84
H.	ANVA y Prueba de Tukey para la variable longitud de raíz (cm.) bajo los diferentes tratamientos. ....	85
I.	ANVA y Prueba de Tukey para la variable porcentaje de daño radicular (cm.) bajo los diferentes tratamientos. ....	86
J.	Datos originales de la prueba in vitro del diámetro de desarrollo micelial (cm) de <i>P cinnamomi</i> a 25 °C bajo los diferentes tratamientos. ....	87
K.	Datos originales de la prueba de invernadero para la variable altura de planta (cm). ....	88
L.	Datos originales de la prueba de invernadero para la variable diámetro de tallo (mm). ....	91
M.	Datos originales de la prueba de invernadero para la variable peso fresco foliar (gr). ....	94
N.	Datos originales de la prueba de invernadero para la variable peso fresco radicular (gr). ....	95
O.	Datos originales de la prueba de invernadero para la variable peso seco	

foliar (gr). .....	96
P. Datos originales de la prueba de invernadero para la variable peso seco radicular (gr). .....	97
Q. Datos originales de la prueba de invernadero para la variable longitud de raíz (cm). .....	98
R. Datos originales de la prueba de invernadero para la variable porcentaje de daño radicular (%). .....	99

## II. RESUMEN

La pudrición radicular (*Phytophthora cinnamomi*) en arándano es uno de los mayores problemas fitosanitarios para este cultivo. La búsqueda de alternativas de control para el manejo de esta enfermedad es una necesidad urgente. El objetivo del presente trabajo es determinar el efecto que produce las diferentes aplicaciones de fosfitos a nivel foliar y radicular contra la pudrición radicular ocasionada por *Phytophthora cinnamomi* en el cultivo de arándano (*Vaccinium corymbosum*). Cv. Biloxi, y determinar su efecto en la longitud, diámetro de tallo, peso fresco, peso seco de la planta, longitud de raíz y porcentaje daño de raíz.

El experimento tuvo dos fases; laboratorio e invernadero. Para la fase laboratorio, prácticamente todos los productos mostraron algún tipo de control sobre el crecimiento micelial (cm) de *Phytophthora cinnamomi* e inhibieron su desarrollo. Los tratamientos que inhibieron al 100% el crecimiento micelial fueron: T4: Fosfonato de potasio 2.5<sup>0</sup>/<sub>00</sub>, T5: Metalaxyl + Oxiclورو de Cu 1<sup>0</sup>/<sub>00</sub>, seguido por un 87.7% de inhibición correspondiente al T3: Fosfonato de potasio 1<sup>0</sup>/<sub>00</sub>, el T2. Fosfonato potásico + Cu 2.5<sup>0</sup>/<sub>00</sub>, mostro una inhibición de 76.3 % y para T1. Fosfonato potásico + Cu Cu 1<sup>0</sup>/<sub>00</sub>, fue de 68.9 %. El testigo mostro el desarrollo normal del patógeno, y el micelio del hongo cubrió totalmente la placa de cultivo al 8<sup>vo</sup> día de evaluación. Para la fase de invernadero los tratamientos fueron: Fosfonato de potasio foliar y radicular, Fosfonato potásico + Cu foliar y radicular, Metalaxyl + Oxiclورو de Cu radicular, testigo inoculado y testigo sin inocular, el tratamiento que mejor respuesta tuvo frente a la pudrición radicular fue Fosfonato de potasio seguido por Fosfonato potásico + Cu, productos que potencian el sistema natural de defensa de las plantas, ofreciendo una resistencia a las enfermedades causadas por hongos fitopatógenos.

**Palabra clave:** *Phytophthora cinnamomi*, *Vaccinium corymbosum*, porcentaje daño de raíz

### III. INTRODUCCIÓN

*Vaccinium* es un género de arbusto que incluye a todas las especies llamadas arándano. Este género contiene alrededor de 450 especies cuyo hábitat es, principalmente de las regiones frías del hemisferio norte. (Sierra exportadora, 2013)

El arándano (*Vaccinium corymbosum*), es un cultivo frutal que ha experimentado en los últimos años un crecimiento sostenido en superficie y rendimiento en el Perú. Convirtiéndose en una alternativa interesante de producción, principalmente en la zona costa norte del país donde se encuentra la mayor superficie de plantación. (Agro negocios, 2014)

En el Perú, el área que se espera tener al 2018 es de 3000 hectáreas de arándano, estima José Antonio Gómez, Gerente Comercial de Camposol. (Red agrícola, 2015)

La variedad que más se cultiva actualmente en el Perú por su buena adaptación y productividad es la Biloxi aunque hay decenas de variedades.

La producción de este cultivo enfrenta una serie de problemas, de los cuales está el aspecto fitosanitario, y dentro de este el ataque de enfermedades como pudrición radicular (*Phytophthora sp.*), antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*), Tizón de la caña y de la flor (*Botrytis cinerea*), Cancro (*Fusicoccum putrefaciens*), Phomopsis (*Phomopsis vaccinii*), Agalla de la corona (*Agrobacterium tumefaciens*).

La pudrición radicular (*Phytophthora sp.*), una de las principales causas de muerte de plantas de arándanos. Durante los últimos cuatro años, se han detectado arándanos con pudrición radicular en huertos cuyo síntoma típico inicial es el amarillamiento y enrojecimiento del follaje. A medida que la enfermedad avanza aparece la detención del crecimiento de los brotes, muerte de los bordes de las hojas y una progresiva defoliación que empieza desde la base de las plantas afectadas quedando las cañas al desnudo.

En las raíces, sobre todo en los pelos más finos, aparece una coloración entre amarillada y negra. Las zoosporas penetran por las puntas de éstas raíces, en las áreas donde ocurre la infección, a partir de la cual comienza la pudrición de las raíces más

largas y el sistema radicular es reducido drásticamente. En el campo se pueden observar plantas totalmente muertas.

Ante esta situación resulta evidente el uso de estrategias de control que eviten y reduzcan el uso de fungicidas y el número de aplicaciones.

Los fosfitos son considerados como fertilizantes foliares que además presentan un modo de acción propio de un fungicida permitiendo la protección del tejido de la planta. Luego de la absorción del producto este sufre un proceso de oxidación o conversión resultando en una fuente continua de ácido fosforoso ( $H_3PO_3$ ). Esto fomenta un incremento de las sustancias que activan la resistencia sistémica adquirida dentro de la planta para diversos agentes patogénicos como los hongos y pseudohongos. Por este modo de acción (indirecto) se atribuye el hecho de que no se reporten casos de resistencia a los fosfitos y es improbable que esto ocurra (Schwin y Margot, 1991; Aventis Cropscience Perú, 2000 y Química Suiza. 2001)

Los fosfitos tienen una acción eficiente cuando está dentro de la planta, estimulando las reacciones de defensa como la producción de compuestos fenólicos que forman bandas osmófilas que rodean a la célula de penetración del pseudohongo (Pantoja, 1994)

Algunos resultados experimentales observados de la aplicación de fosfitos han demostrado que los tratamientos preventivos a la planta resultarían en un nivel alto de fitoalexinas, seis veces más que en condiciones normales, previniendo e inhibiendo el ataque fungoso (Schwin y Margot, 1991 y Química Suiza 2001).

Esta situación nos conduce a realizar el presente trabajo de investigación con el propósito de evaluar el efecto de diferentes aplicaciones preventivas de fosfitos contra *Phytophthora cinnamomi*.

El objetivo del trabajo fue:

- Determinar el efecto que produce las diferentes aplicaciones de fosfitos a nivel foliar y radicular contra la pudrición radicular ocasionada por *Phytophthora cinnamomi* en el cultivo de arándano (*Vaccinium corymbosum*). Cv. Biloxi



## IV. REVISION DE LITERATURA

### 4.1.GENERALIDADES DE *Vaccinium corymbosum* L.

El arándano ha sido reconocido como uno de los diez productos más sanos para el consumo humano junto con la soya, atún, tomate, zanahoria, palta, espinaca, kiwi, ajo y brócoli. Se le ha denominado como “Super Fruit” tanto por su alto contenido de antioxidantes (Antocianina, Vitamina C, complejo B, vitamina E, vitamina A), como también de minerales (cobre, selenio, zinc, hierro) y fibra. Se le atribuyen propiedades benéficas como: mejoramiento de la función cerebral y memoria, neutralización de radicales libres que producen enfermedades como cáncer y envejecimiento celular, reducción de grasas saturadas y menor riesgo de enfermedades metabólicas y cardiocvasculares, prevención/retardo de enfermedades a la vista, mejoramiento del tracto digestivo y urinario, prevención de osteoporosis, entre otros beneficios. (Pro Chile | 2012 Pág. 11)

#### 4.1.1. ORIGEN

El arándano o blueberry es un arbusto frutal nativo de Norteamérica, considerado dentro del grupo de los berries, pertenece a la familia *Ericaceae* y ha sido clasificado en la subfamilia *Vacciniaceae*, subgénero *Cyanococcus*, genero *Vaccinium* (Buzeta, 1997; Sudzuki, 2002).

Constituyen un grupo de especies ampliamente distribuidas por el Hemisferio Norte, básicamente por Norteamérica, Europa Central y Eurasia, encontrándose también en América del Sur, y unas pocas especies en África y Madagascar

De las 30 especies que constituyen el género *Vaccinium*, sólo un pequeño grupo de ellas tienen importancia comercial. Destacan *V. corymbosum*, que representa aproximadamente el 80% del total de la superficie cultivada, seguido en importancia por *V. ashei* Reade, con un 15% aproximadamente. Entre el 5% restante destacan *V. angustifolium* Aiton y algunos híbridos de *V. angustifolium* x *V. corymbosum*. Los arándanos representan una de las especies de más reciente domesticación, ya que los

primeros programas de selección de arbustos y de técnicas de propagación se iniciaron en Norteamérica a finales del siglo XIX, comienzos del siglo XX. Todos los cultivares obtenidos hasta la actualidad se han desarrollado a partir de formas silvestres. Las variedades cultivadas necesitan estar sometidas a bajas temperaturas durante un periodo de tiempo variable para romper la dormancia, o época de reposo de las plantas. Estas necesidades de horas-frío (h/f, número de horas por debajo de 7°C) vienen determinadas genéticamente, siendo una de las características que separan los grupos agronómicos establecidos (SERIDA, 2013)

#### 4.1.2. CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS Y TAXONÓMICAS

##### a. SISTEMA RADICULAR:

Está provisto de un sistema radical superficial, de raíces finas, fibrosas y de poca extensión. Muy importante es la desventaja de no contar con pelos radicales, por lo tanto, las raíces más jóvenes son las encargadas de la absorción. Esta situación genera una capacidad de absorción mucho menor comparado con otras especies (Buzeta, 2000).

Las finas, raíces fibrosas de los arándanos requieren un terreno abierto, poroso para el crecimiento. Un franco arenoso o arena franca es mejor, pero turbas, mulch y margas bien estructurados son también satisfactorios. Suelos muy arcillosos deben ser evitados, pero los suelos de arcilla moderada se pueden utilizar en caso de modificarse con grandes cantidades de humus. Croac et al. (1982) comparó el crecimiento de plántulas de arándanos en cinco suelos sin cobertura, en particular, suelos de arena de la llanura costera del este de Estados Unidos y suelos franco del Piamonte y de tierras altas de los Apalaches. Las plántulas de todas las especies *Vaccinium* crecieron significativamente mejor en un suelo de arándanos comerciales (arena Berryland) que en los suelos más pesados y fértiles. El crecimiento se correlacionaba directamente con porcentaje de arena en los suelos e inversamente con porcentaje de limo y arcilla.

El sistema radical del arándano, aunque requiere de una humedad constante, es muy sensible a terrenos con pobres drenajes y en condición de saturación podrían morir en dos días (Valenzuela, 1988; Soto, 1993), el uso sustratos, ratifica que el crecimiento óptimo de las raíces se genera en medios con una adecuada porosidad que se mantengan bien oxigenadas y constantemente húmedas. Por lo tanto, manejos que favorezcan esta condición como: el uso de materia orgánica y mulch, resultan ser muy positivos para aumentar la distribución radicular y favorecer el crecimiento de las plantas (Valenzuela,

1988). Por otro lado, según Riveros (1996), la tecnificación del riego tiene un marcado efecto positivo en la producción de frutos y en el largo de los brotes.

b. HOJAS:

Las hojas son simples, se distribuyen en forma alterna en la ramilla, varían entre uno a ocho cm en el largo y la forma puede ir de ovada a lanceolada. Tienen color verde pálido y en otoño desarrollan una pigmentación rojiza. Hay estomas solamente en el envés de las hojas encontrándose en densidades de 300 por mm cuadrado (Buzeta, 1997).

Anatómicamente, las hojas tienen una epidermis compuesta de una capa de células de empalizada y un parénquima esponjoso con abundantes espacios aéreos (Muñoz, 1988).

c. FLORES:

Se producen en inflorescencias (racimos), generalmente axilares, las que en condiciones de clima templado se diferencian en las yemas terminales de las ramillas cuando se detiene el crecimiento vegetativo al inicio del otoño y probablemente en respuesta al fotoperiodo. La diferenciación de las yemas florales se manifiesta por un abultamiento notorio y porque se recubren de escamas color café, fácilmente distinguibles de las yemas axilares vegetativas. La flor es pedunculada, de ovario ínfero provisto de 4 a 5 lóculos que contienen entre 20 y 30 óvulos en placentación axilar. Los sépalos son cortos, penta-lobulados y la corola es gamopétala, tubular, penta-lobulada y generalmente de color blanca o rosada. Los estambres en número de 10 nacen en la base de la corola y terminan rodeando completamente al estilo, el que generalmente es más largo y sobresale levemente de la corola. Las anteras están provistas de un poro terminal, por el cual el polen es liberado cuando éste alcanza su madurez. El polen maduro permanece formado tetrada, de modo que éste está constituido en realidad por 4 granos unidos entre sí, característica poco común en las especies fanerógamas. (Ochoa, Sebastián, 2013)

d. FRUTO:

El fruto corresponde a una baya casi esférica que varía en tamaño desde 0,7 a 1,5 cm de diámetro. Dependiendo de la variedad, su color va desde azul claro hasta un negro intenso, posee secreciones cerosas que le dan una terminación atractiva. El fruto puede

poseer hasta 100 semillas pequeñas (1.5mm largo x 0.8mm de ancho) ubicadas al interior del endocarpio. Una característica del fruto, es su cicatriz, que comercialmente se busca que sea pequeña y seca, además de un fruto firme (Muñoz, 1988 y Buzeta, 1997).

Es un fruto que presenta un bajo nivel de calorías y un alto número de compuestos beneficiosos para la salud humana, como anticancerígenos y antioxidantes que previenen variadas enfermedades, es por esto, que se ha convertido en un componente importante de una dieta sana (Pritts y Hancock, 1992 y Gough, 1994)

Dos características del fruto son importantes desde el punto de vista comercial. La cicatriz que queda al desprenderse el fruto del pedicelo es una de ellas. Esta debe ser idealmente pequeña y seca con el objetivo de evitar que entren agentes patógenos que deprecian el producto durante el periodo de almacenamiento y comercialización. Una segunda característica es la firmeza, que está relacionada generalmente con el grosor de la epidermis. El arándano ojo de conejo posee, en general, una epidermis más gruesa que el arándano alto, característica que probablemente le confiere mejor vida de pos cosecha a esta especie. En cuanto al tamaño del fruto, se ha encontrado una correlación de éste con el vigor de la rama. Las ramas de mayor vigor generalmente producen bayas más grandes. Además, los frutos que maduran antes son generalmente más grandes que los tardíos de una determinada variedad y los frutos de un racimo más cercanos a las ramas también son más grandes que los distales. Se han encontrado hasta tres veces más semillas en los frutos de tamaño grande en comparación a los pequeños. El fruto presenta una curva de crecimiento doble sigmoidea. (Ochoa, Sebastián. 2013)

El fruto del arándano es climatérico (responde a la presencia de etileno en el ambiente) y además tiene un notable cambio de color una vez cosechado, pero hay diferencias varietales al respecto, en especial las variedades tempranas que se pueden cosechar antes que el fruto se torne totalmente azul, logrando su coloración completa en pos cosecha, incluso en cámaras de frío. En cambio, variedades tardías como Elliot se deben cosechar cuando el fruto se torne totalmente azul, ya que este no cambia de color una vez cosechado. (Ochoa, Sebastián. 2013)

e. HABITOS DE CRECIMIENTO:

El arándano muestra en general un crecimiento arbustivo que puede alcanzar hasta tres metros de altura, dependiendo del tipo de arándano, llegando a conformar un seto continuo de la plantación. Según las variedades, las plantas pueden presentar un hábito más o menos erecto.

4.1.3. REQUERIMIENTOS CLIMATICOS:

El clima para el arándano puede variar de acuerdo a la zona de producción, por ende a la variedad cultivada, pero en marcos generales tiene un requerimiento de frío invernal entre 650 a 850 horas frío bajo 7,2° C, para asegurar una floración pareja y abundante en primavera. Hay programas que han obtenido variedades con menores requerimientos que éstos como O'Neal, Mysti, Star, Jewel entre otras. Requiere un período de crecimiento mínimo de 160 días. Las flores presentan daños en primavera con temperaturas inferiores a -1° C; temperaturas sobre los 30° C en las hojas detiene el crecimiento vegetativo y producen deshidratación de la fruta (Valenzuela, 1988 y Buzeta, 1997).

El daño por frío puede ocurrir cuando temperaturas muy altas, durante el invierno, son seguidas por heladas severas: Bajo estas condiciones las yemas pueden resultar con daño a nivel de los haces vasculares, produciendo necrosis en las áreas afectadas. Durante el período de maduración de la fruta, temperaturas por sobre 27°C acompañadas por vientos desecantes, producen deshidratación y calentamiento de las bayas (Valenzuela, 1988).

Este punto es el más importante en la producción de cualquier frutal, ya que según (Medel. 2005), un cultivar adaptado a particulares condiciones climáticas y edáficas, genera altos rendimientos de calidad, logrados mediante tecnologías simples y de bajo costo, además de promover la producción integrada, orgánica o biológica en ambientes sustentables. Las plantas de arándano se desarrollan mejor en suelos ácidos, de pH 4,0 - 5,5 con abundante estructura de macroporos, liviano y con mucha aireación. Además el contenido de materia orgánica debe ser abundante, de 8 a 20% (Valenzuela, 1988; Barriga et al., 1991; Buzeta, 1997; Sudzuki, 2002).

El viento también es un factor importante dentro del cultivo, porque puede provocar importantes daños por destrucción del follaje, y además dificulta el trabajo de polinización de las abejas (Valenzuela, 1988).

#### 4.1.4. REQUERIMIENTO HÍDRICO.

La mayoría de las especies de esta familia, Ericáceas, a la cual pertenecen también el rododendro y las azaleas, tienen requerimientos muy especiales, pues prefieren los suelos ácidos con valores de pH entre 4.0 a 5.0 para su óptimo desarrollo, además de suelos livianos con abundante macroporosidad y materia orgánica (entre 1 a 5%). Bajo estas condiciones es donde se obtienen los mejores resultados (Valenzuela, 1988 y Buzeta, 1997).

Esta especie es sensible a los periodos de sequía estival, sobre todo en la fase juvenil, ya que sus raíces carecen de pelos absorbentes siendo muy propensas a deshidratarse. Por ello, es necesario mantener un nivel adecuado de humedad. Los frutos de los arándanos muestran un crecimiento cíclico: un primer periodo rápido de crecimiento del pericarpio, o parte del fruto que rodea la semilla, que abarca hasta unos 29 días después de la fecundación; un crecimiento ralentizado del pericarpio con un rápido desarrollo del embrión de 5 a 56 días; y por último, otro periodo de desarrollo acelerado del epicarpio que continúa hasta la madurez, que puede ser de unos 26 días. El tamaño del fruto está condicionado por el nivel y las oscilaciones de la humedad en el suelo, de ahí la gran importancia del riego. En plantaciones adultas, las mayores necesidades de agua se centran en la época de engrosamiento y maduración del fruto, es decir, de junio a septiembre. Por otro lado, en los meses de Julio y Agosto comienza la formación de yemas de flor para el año siguiente, pudiendo disminuir considerablemente su número si coincide con un periodo de escasez de agua en el suelo. Es importante realizar un análisis de la calidad del agua de riego, ya que el arándano no tolera bien la salinidad, ni los excesos de calcio, boro o cloro. Las aplicaciones de riego deben de hacerse de forma que se mantengan húmedos los primeros 15 a 20 cm del suelo, ya que es donde se encuentran la mayor parte de las raíces. Los requerimientos de agua dependerán de factores climáticos como la temperatura del aire, el viento, la humedad relativa, la insolación, así como del tipo de suelo. En un suelo arenoso se debe aumentar la frecuencia de los riegos y disminuir su duración; al contrario que en un suelo franco, con una mayor retención de agua, donde los riegos pueden ser más largos y espaciados.

Los sistemas de riego localizado permiten regar con una frecuencia alta y, además, ofrecen la posibilidad de realizar fertirrigación, o aplicación conjunta de agua y fertilizantes. El riego por goteo es el más adecuado, teniendo en cuenta que los caudales que hacen falta para cubrir las necesidades del cultivo no son excesivamente grandes. Como dato orientativo, una media de 15-20 litros/planta y semana durante los meses de Junio a Septiembre puede ser suficiente para las condiciones de cultivo de nuestra región. También puede utilizarse un sistema de riego por aspersión. Éste sólo se recomienda en aquellos casos en que exista riesgo de heladas primaverales, como medio de defensa ante éstas, ya que tiene mayores inconvenientes, como favorecer la *Botritis* en el periodo previo a la caída de los pétalos. (SERIDA, 2013)

#### 4.1.5. REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Esta especie crece mejor en suelos ácidos, de pH 4.5 a 5.2, arenosos, turbo arenosos, no muy profundos y de baja fertilidad, en climas fríos y húmedos, la profundidad del suelo puede ser menor, en cambio, en climas calurosos a secos las plantas pueden morir si los suelos son muy delgados. A pesar que en general los *Vaccinium* requieren suelos húmedos y con alguna humedad superficial durante los meses de verano, deben tener un buen drenaje durante el periodo de crecimiento, libres de excesos de humedad bajo los 40 cm de profundidad. En suelos con agua superficial, se recomienda hacer drenes para eliminar rápidamente el exceso de agua. (Ochoa, Sebastián. 2013)

Un buen drenaje del suelo es un factor esencial para el desarrollo de la plantación. Después de una lluvia fuerte, el nivel de agua debe retroceder por lo menos unos 20 cm en un plazo de 24 horas. El exceso de humedad durante la brotación y el verano reduce la cantidad de oxígeno en el suelo y perjudica notablemente el crecimiento de las raíces, pudiendo llegar a provocar asfixia radicular con muerte en plantas.

La materia orgánica en el suelo ayuda a retener la humedad, reduce la lixiviación de los nutrientes que quedan retenidos por cationes en sitios de intercambio negativos, incrementa la disponibilidad de algunos nutrientes (especialmente hierro) por la acidificación del suelo durante su descomposición. La materia orgánica provee energía a los microorganismos del suelo, las bacterias que dirigen las partículas orgánicas producen los complejos de carbohidratos que cementan partículas del suelo formando

los agregados. Esto incrementa la porosidad y la soltura del suelo, pasando a ser friable. (Ochoa, Sebastián. 2013)

Las raíces del arándano son limitadas en su crecimiento hacia por la disponibilidad de materia orgánica en los niveles más bajos de los suelos; el crecimiento y la producción de la planta son directamente proporcionales a la cantidad total de materia orgánica disponible en el suelo.

Puesto que la materia orgánica es un componente tan importante para la producción del arándano, se debe preferir suelos con al menos un 5 % de este importante componente. A pesar que se puede aumentar el nivel de materia orgánica en el suelo mediante manejo y que permanentemente aumenta después de plantar, no es posible lograr niveles muy altos en forma artificial

<http://www.indap.gob.cl/extras/estrategias-por-rubros-2005/5region/3Arandanos-Produccion.Mercado.pdf>

Una forma de bajar el pH es por medio del ácido sulfúrico, éste puede además disminuir las pérdidas de amoníaco en la fertirrigación y mejorar suelos con alto contenido de boro. Por otra parte, el ácido sulfúrico también ha demostrado su efectividad en el aumento de la disponibilidad de fósforo, manganeso, zinc y/o hierro en suelos calcáreos (Ferreyra, 1998).

Los suelos con altos contenidos en fósforo o calcio no son buenos para esta especie, así como tampoco lo son los suelos en que se ha quemado leña, ya que las cenizas elevan el pH de éste, así como los suelos calcáreos donde se provocan severas deficiencia de fósforo (Valenzuela, 1988).

#### 4.2.ENFERMEDADES

Los arándanos pueden ser atacados por muchos hongos, bacterias y virus. La mayoría de las enfermedades varía en severidad e importancia económica de un arándano que crece en una zona a el que crece en otra.

Los virus causan varias enfermedades en los arándanos. Dos virus de importancia en América del Norte son chamuscado y virus punteado rojo. Las enfermedades de virus son los más difíciles de controlar ya que la infección puede ocurrir varios meses, o incluso años, antes de que se observan los síntomas, y el único control efectivo por lo



general implica la eliminación de arbustos infectados. Enfermedades de frutas y foliares son controlados con una adecuada selección del cultivar, las prácticas culturales, y fungicidas. Las enfermedades en tallo y las raíces son más difíciles de controlar. Una plantación libre de enfermedad, promueve el crecimiento de una buena planta, la eliminación y la destrucción de partes infectadas, y la selección de suelo bien drenado todo ayuda a reducir la incidencia y gravedad de enfermedades de raíz y el tallo. (Galletta 1975; Luby et al 1991; Galletta y Ballington 1996).

Los arándanos “highbush”, “lowbush” y “rabbiteye” tienen similares enfermedades, pero la enfermedad que es más importante en un tipo puede ser la de menor importancia en otro.

Pudrición radicular por *Phytophthora* es un serio problema en numerosas plantas en todo el mundo. El patógeno primario ataca los pequeños pelos absorbentes de las raíces leñosas, particularmente en zonas bajas, húmedas y poco drenadas. El suelo y el agua son el principal modo de disseminación.

Pudrición radicular por *Phytophthora* fue la primera enfermedad descrita en arándanos en 1963. En 1967, el hongo atacó al 40% de las plantaciones de blueberry en el Sureste de Carolina del Norte. Por la susceptibilidad de highbush blueberry y por la gran extensión geográfica del patógeno y por la gama de huéspedes, la enfermedad pudo convertirse en un serio problema en otras zonas de cultivo.

La momificación de la baya es una amenaza generalizada para arándanos a nivel mundial se caracteriza por desecación del fruto, la enfermedad mata a las hojas, brotes y las flores y entonces produce las esporas en estos tejidos muertos que infectan los frutos más adelante. Eso puede reducir los rendimientos hasta en un 10% en infestaciones severas en alguna de las principales zonas comerciales. Otra enfermedad común en el arándano son el enanismo, moteado de las hojas, mancha anular roja, virus, tizón del tallo, el cancro del tallo, botritis, antracnosis, cancro, alternaria y pudrición de la fruta, el cancro *Fusicoccum* y hoja roja floración color de rosa (Galletta y Ballington 1996; Rowland and Hammerschlag 2005).

Pudrición radicular por *Phytophthora*, es causada por *Phytophthora cinnamomi*, es una fuerte enfermedad en cultivares “highbush del sur” mientras arándanos cultivar “rabbiteye” (*V. ashei*) comúnmente crecen en el sudeste de Estados Unidos son menos

susceptibles a esta enfermedad. (Milholland, 1995b). Pudrición radicular es más severa en arándanos que crecen en suelos con poco drenaje. La infección inicial suelen ocurrir en las camas de los viveros, o en los jardines donde ponen las macetas en áreas con poco drenaje, o en campos infestados con el patógeno. Los síntomas son hojas pequeñas con amarillamiento y antocianescencia, ausencia de brotación, necrosis radicular, y un desarrollo radicular mucho menor que el normal. En un estudio previo de hace 5 años, (Smith, 2002) comparo la susceptibilidad de los cultivares “highbush del sur” a pudrición radicular haciendo crecer las plantas en suelo infestado con *P. cinnamomi* y se determinó que “golfcoast” es más resistente a pudrición radicular que ‘Cooper’, ‘Magnolia’, ‘Marimba’, ‘Misty’, ‘Pearl River’, and ‘Reveille’. En un segundo estudio de 15 cultivares “highbush del sur” (Smith. 2002), ‘Georgiagem’, ‘Star’, y ‘Gulf Coast’, que son más vigorosas después de dos años de crecimiento en suelo infestado como los cultivares resistente ‘Tifblue’, while ‘Jewel’, ‘Sharpblue’, ‘Santa Fe’, ‘Emerald’, ‘Sapphire’, ‘Southmoon’, y ‘Windsor’ que son los cultivares menos vigorosos. Tres estudios fueron iniciado en 2000, 2001 y 2003 para comparar la susceptibilidad de los cultivares “highbush” del sur para *P. cinnamomi*.

#### 4.2.1. CARACTERÍSTICAS DE LA PUDRICIÓN RADICULAR (*Phytophthora cinnamomi*)

PUDRICIÓN RADICULAR (*Phytophthora cinnamomi*.):

Esta es una enfermedad que afecta a la mayoría de las variedades de arándanos, generalmente asociado a suelos húmedos, pesados y de mal drenaje. Es causada por *Phytophthora cinnamomi*.

##### a. TAXONOMÍA Y MORFOLOGÍA DEL PATÓGENO

*Phytophthora cinnamomi* pertenece al Reino Chromista, Phylum Oomicota, clase: Ommycete, Oerden Perosnosporales, Familia: Pythiaceae, y Genero: *Phytophthora* (Agrios 2002).

El llamar hongo a *Phytophthora cinnamomi* ha dificultado las labores de control (Bender et. Al. 2012), pues apenas comparte dos características básicas con estos: el crecimiento vegetativo filamentoso, y la formación de esporas sexuales y/o asexuales. *Phytophthora* spp por su parte presenta: pared celular, constituida de celulosa,

membrana celular sin ergosterol, aparato de Golgi típico, la mayor parte de su ciclo de vida es diploide, y las síntesis de lisina proviene del ácido diaminopimélico (DAP) característico en bacterias y plantas superiores (Lara. 2008).

Erwin y Ribero (1996) señalan que *Phytophthora cinnamomi* descende de las algas amarillas, incluso se discute si pertenece al taxón correcto, las razones que pueden explicar el cambio de clasificación radica en los flagelos que presenta la zoospora, uno motriz y otro que hace la función de timón, características de las algas crysophytas. El ciclo sexual del patógeno es menos usual que el ciclo asexual puesto que posee los gametos A1 y A2 en talos diferentes (heterotalicos), pudiendo el tipo A2 llegar a formar oosporas homotálicas autofertilizadas (Mircetich y Zentmyer 1967, Lemus 2009). Tanto la oosporas, clamidiosporas, micelio y la zoospora, son estructuras altamente infectivas, con la diferencia que este último se mueve independientemente, carece de pared celular y responde positivamente (quimiotaxis) a los exudados radiculares (Hwang y Ko 1978, Sanchez Perez. 2007).

#### b. CICLO BIOLÓGICO:

Se caracteriza por tener, además de la reproducción sexual, otra asexuada por conidios, que producen unas zoosporas incapaces de infectar directamente a los árboles; estos se trasladan por medio de sus flagelos a través del agua encharcada en el suelo, hasta que, fijadas en el mismo, viven saprofíticamente, donde penetrará a través de alguna lesión de la zona radicular.

#### c. DISPERSIÓN:

Este hongo no necesita particularmente de heridas para entrar en el huésped y se desarrolla y multiplica en ambientes muy húmedos. Uno de sus estados reproductivos, los esporangios, liberan esporas acuáticas que son atraídas por sustancias que exudan las raicillas fijándose principalmente en la zona de elongación. Germina en una hora y dentro de las 24 hs la infección se encuentra establecida. Estas zoosporas son las principales fuentes de infección y su actividad debe realizarse en un medio saturado o altamente húmedo. La infección se propaga por traslado de tierras infectadas, por el cepellón infectado de una planta de vivero, por herramientas, por semillas que han estado en contacto con el suelo infectado y por las corrientes pluviales que arrastran zoosporas a otras zonas más bajas.

#### d. SÍNTOMAS:

En arándanos la sintomatología típica de inicio es el amarillamiento y enrojecimiento del follaje. A medida que la enfermedad avanza aparece detención del crecimiento de los brotes, muerte de los bordes de las hojas y una progresiva defoliación comenzada desde la base de las plantas afectadas quedando las cañas al desnudo. En las raíces, sobre todo en los pelos más finos, aparece una coloración entre amarronada y negra. Las zoosporas penetran por las puntas de éstas raíces, en las áreas donde ocurre la infección, a partir de la cual comienza la pudrición de las raíces más largas y el sistema radicular es reducido drásticamente. En el campo se pueden observar plantas totalmente muertas.

#### 4.2.2. CICLO DE LA ENFERMEDAD y EPIDEMIOLOGIA:

*P. cinnamomi* produce 4 estados de espora: esporangio, zoosporas (que salen del esporangio), clamidiosporas y oosporas. Cada una es diferente en forma y función de las otras y afectan de acuerdo al ambiente y a los factores nutricionales. Cada esporangio produce 15-20 zoosporangios móviles bajo condiciones ambientales favorables.

El proceso de infección-germinación del zoosporangio, penetración, y el establecimiento del hongo en las raíces del blueberry ocurre rápidamente. Las zoosporas son atraídas a la región de alargamiento y raíces absorbentes, donde germinan y penetran la raíz justo bajo la capa radicular. En las sumamente susceptibles raicillas del highbush blueberry, el hongo penetra la epidermis e invade los tejidos vasculares en 24 horas. Las hifas crecen intracelularmente en la epidermis, corteza, floema y en los vasos del xilema y penetran desde una célula a otra directamente.

Clamidiosporas son la principal estructura de hibernación de *P. cinnamomi*. Las clamidiosporas se forman en las raíces infectadas y se dispersan a través del suelo cuando el tejido radicular se rompe.

Una alta humedad en el suelo favorece la infección de raíces, el desarrollo de la enfermedad es más severa en suelos con poco drenaje. Las temperaturas entre 20-32°C favorecen *P. cinnamomi*.

#### 4.3.CONTROL

Pudrición de raíces de *Phytophthora* en blueberry es mejor controlada con un buen manejo cultural y practicas sanitarias. Un adecuado drenaje es esencial. Plantas en esquejes y las plantas de viveros deben ser mantenidas en camas levantadas para evitar el desarrollo de la enfermedad antes del establecimiento en campo. En campos de producción, la producción ocurre más en zonas bajas de pobre drenaje. Los cultivares Croatan, Bluechip, Murphy y Harrison han sido observados la recuperación de esta enfermedad cuando el drenaje fue mejorado en el campo. Bounty y Jersey parecen ser las más susceptibles. Aplicaciones de metalaxil en dosis recomendadas es ideal para ayudar al control de la enfermedad.

La resistencia sistémica adquirida en las plantas es la que aparece después que las plantas han sido pre inoculadas con varios agentes bióticos o previamente tratados con varios agentes químicos o físicos. La resistencia adquirida es no especifica, debido a que, sin importar el tipo de agente o patógeno utilizado como inductor, el nivel de resistencia en la planta aumenta ante varios patógenos, así tenemos que se ha adquirido resistencia en una amplia gama de plantas ante el ataque de hongos, bacterias, virus e incluso insecto. (Sticher et al.- 1997)

#### FOSFITO:

Es un indicador químico de resistencia en las plantas. Debido a su principio activo muy similar al fosfonato, permite una rápida penetración dentro del tejido vegetal y un transporte rápido en las plantas, tanto en forma ascendente como descendente. Esta clase de compuestos está representada por el Fosetil Aluminio.

Los fosfitos son considerados como fertilizantes foliares que además presentan un modo de acción propio de un fungicida permitiendo la protección del tejido de la planta. Luego de la absorción del producto este sufre un proceso de oxidación o conversión resultando en una fuente continua de ácido fosforoso ( $H_3PO_3$ ). Esto fomenta un incremento de las sustancias que activan la resistencia sistémica adquirida dentro de la planta para diversos agentes patogénicos como los hongos y pseudohongos. Por este modo de acción (indirecto) se atribuye el hecho de que no se reporten casos de resistencia a los fosfitos y es improbable que esto ocurra (Schwin y Margot, 1991; Aventis Cropscience Perú, 2000 y Química Suiza. 2001)

Los fosfitos tienen una acción eficiente cuando está dentro de la planta, estimulando las reacciones de defensa como la producción de compuestos fenólicos que forman bandas osmófilas que rodean a la célula de penetración del pseudohongo (Pantoja, 1994)

Algunos resultados experimentales observados de la aplicación de fosfitos han demostrado que los tratamientos preventivos a la planta resultarían en un nivel alto de fitoalexinas, seis veces más que en condiciones normales, previniendo e inhibiendo el ataque fungoso (Schwin y Margot, 1991 y Química Suiza 2001). Por otra parte, los fosfitos presentan una acción fungitóxica pero con baja toxicidad y hasta toxicidad nula para plantas y animales (Química Suiza. 2001).

Los fosfitos poseen dos mecanismos de acción:

- a) Directa: el ácido fosforoso, obtenido en la célula afecta directamente en la germinación de las esporas y el desarrollo del micelio.
- b) Indirecta: una vez dentro del tejido vegetal los fosfitos inducen una mayor producción de sustancias que activan las de defensas de la planta (siendo mayor que la inducida naturalmente por la planta), activando de este modo un eficiente mecanismo natural de protección, este particular mecanismo de acción refuerza la defensa natural de la planta y no da lugar a la aparición de cepas resistentes.

La doble acción de los fosfitos se llevara a cabo siempre y cuando la acción se realice previo al ataque del patógeno o en las primeras fases del desarrollo de la infección.

La eficiencia de los fosfitos resulta efectiva contra los peronosporales que atacan diversas especies, además de algunas bacterias que causan marchitamiento en el sistema radicular.

#### RESISTENCIA A METALAXIL:

El desarrollo del metalaxil (fenilamina) fue un éxito en el control de patógeno como *Phytophthora*, por su efectividad y efecto curativo a bajas dosis en condiciones de alta presión de la enfermedad, lo que hizo que fuera tan atractivo para los agricultores quienes explotaron sus potencialidades al máximo, presionando la resistencia del patógeno.

El metalaxil es altamente sistémico, tiene traslocación acropétala, posiblemente por la traslocación del ingrediente activo, que inhibe la esporulación y el desarrollo de los

esporangios, lo que no sucede con los productos protectantes, los cuales actúan sobre las zoosporas hasta su germinación, es decir hasta antes de penetrar al tejido. Además el metalaxil es menos susceptible de ser lavado por las lluvias.

El metalaxil afecta la síntesis del RNA ribosomal y por ende la síntesis de las proteínas y reducción del crecimiento del micelio, más que sobre las zoosporas, las cuales pueden ser controladas por un fungicida protectante como mancozed antes de penetrar al tejido, condición que se aprovechó en Inglaterra, para mejorar el control de la gota y el control a la de par de *Alternaria solani*.

## **V. MATERIALES Y METODOS**

### **5.1. UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO**

El presente trabajo de investigación se realizó en las instalaciones del laboratorio e invernadero del Departamento de Fitopatología, Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria La Molina. En el distrito de la Molina, Provincia y Departamento de Lima; cuya ubicación geográfica es: latitud sur 12°15', longitud 76°57' y 230 msnm.

El periodo de duración del ensayo experimental fue tanto para la fase laboratorio como la fase de invernadero de agosto - diciembre del 2014, enero – febrero 2015.

### **5.2. MATERIALES BIÓTICOS**

#### **5.2.1. ARÁNDANO (*Vaccinium corymbosum*)**

Se utilizaron plántulas de *Vaccinium corymbosum*, Cv. Biloxi de aproximadamente 3 meses; las que fueron proporcionadas por la empresa INKA BERRIES.

### **5.3. FASE LABORATORIO**

#### **5.3.1. AISLAMIENTO DEL PATÓGENO**

Los aislamientos de *Phytophthora cinnamomi* se obtuvieron de raíces de plantas enfermas procedentes de campos de arándanos (*Vaccinium corymbosum*). Cv. Biloxi de la zona de Chavimochic, con síntomas característicos de pudrición radicular. Se seleccionó una lesión de la raicillas afectadas (tejido sano y enfermo), y se procedió al lavado de éstas con agua corriente e inmersión en una solución de alcohol al 90 % por 5 minutos con el propósito de eliminar contaminantes y microorganismos superficiales. Después de enjuagar bien con agua destilada (2 veces) se procedió a la selección de área de tejido (mitad tejido sano y mitad enfermo) y siembra dentro de una cámara de flujo laminar en placas petri conteniendo medio con corn meal agar (CMA) con pimarcina, ampicilina y rifampicina (PAR). Las placas fueron incubadas a  $24 \pm 2^{\circ}\text{C}$  por 7 días. Las



colonias desarrolladas se observaron las características morfológicas y de crecimiento del patógeno, para posteriormente ser identificado mediante las claves propuestas por Erwin y ribero (1996).

### 5.3.2. IDENTIFICACIÓN DEL PATÓGENO

El método más empleado en la actualidad para la identificación a *Phytophthora*, son los descritos por Waterhouse (1963), y Erwin & Ribeiro (1996), quienes identifican a *Phytophthora cinnamomi* por su esporangio no papilado, ovoide a elipsoide y no caduco; fijación anteridial anfigena y heterotálico. Waterhouse (1963), Erwin y Ribeiro (1996) y Javier (1998) señalan que el esporangio de *Phytophthora cinnamomi* puede liberar de ocho a cuarenta zooporas, estas son reniformes y biflageladas. Por otro lado, el esporangioforo no ramificado, y la formación de clamidosporas globosas de pared delgada a menudo agregado en grupos de tres a diez formando un racimo, son abundante. Finalmente el micelio, cenocítico, toruloso, y de aspecto caraloide. (Waterhouse, 1963) subraya que estas características permanecen como ayuda para la identificación de la especie mas no pretende ser una clasificación.

### 5.3.3. DISEÑO ESTADISTICO PARA LA PRUEBA *in vitro*

Se empleó el diseño completamente al azar (DCA) con cuatro repeticiones por tratamiento (placas petri). Se realizó la prueba de comparación de medias de tukey con un nivel de significación de 0.05 para la variable diámetro del crecimiento micelial (cm) del patógeno.

### 5.3.4. PRUEBA DE FUNGICIDAS *in vitro*

Con el aislamiento fungoso purificado se realizó la prueba del alimento envenenado. Se preparó 6 erlenmeyer con 100 cc del medio papa dextrosa agar (PDA). Cada fungicida se pesó en una balanza analítica de acuerdo a la concentración recomendada por el fabricante, se preparó 6 erlenmeyer con 100 cc del medio papa dextrosa agar (PDA).

Los tratamientos que se evaluaron se muestran en el Cuadro 1. En cada uno de ellos se agregó uno de los siguientes fungicidas: FOSFONATO POTÁSICO + Cu,

FOSFONATO DE POTASIO, a la concentración de 1<sup>cc</sup>/l y de 2.5 <sup>cc</sup>/l de producto comercial y METALAXYL + OXICLORURO DE Cu a 1<sup>gr</sup>/l. Una vez homogenizada cada mezcla, se procedió a verterla en 04 placas estériles (por tratamiento) y se dejó solidificar, posteriormente sobre la superficie del medio se colocará una rodaja de PDA de 1cm de diámetro conteniendo el micelio de *Phytophthora cinnamomi*, situándolo al centro de la placa y con el micelio en contacto con el medio. El testigo fue representado por cuatro placas conteniendo PDA, sobre las cuales se colocó una rodaja de inóculo. Las placas sembradas fueron inoculadas a 25°C y cada 24 horas se determinara el diámetro de crecimiento.

El testigo de comparación se sembró de la misma forma, pero sobre medio PDA sin fungicida. Las placas sembradas se incubaron a 25 °C por nueve días y cada 24 horas se midió el crecimiento micelial (cm) del hongo en los diferentes tratamientos, con cuatro repeticiones respectivamente.

Los parámetros a evaluar serán diámetro de colonia (cada 2 días). El experimento concluirá cuando el testigo cubra toda la placa.

### 5.3.5. TRATAMIENTOS EVALUADOS *in vitro*

Los tratamientos evaluados se presentan en el Cuadro 1.

CUADRO N°1. Tratamientos para la prueba *in vitro* en el control de *Phytophthora cinnamomi* en el cultivo de arándanos (*Vaccinium corymbosum*) Cv. Biloxi. La Molina 2014.

TRATAMIENTOS	PRODUCTO COMERCIAL	INGREDIENTE ACTIVO	CONCENTRACION
T1	FOSFALEXIN Cu	Fosforo ( $P_2O_5$ ) 34 %p/v Potasio ( $K_2O$ ) 27 % p/v  Cobre (Cu) 2.7% p/v	1 <sup>cc</sup> /l.
T2	FOSFALEXIN Cu	Fosforo ( $P_2O_5$ ) 34 %p/v Potasio ( $K_2O$ ) 27 % p/v  Cobre (Cu) 2.7% p/v	2.5 <sup>cc</sup> /l.
T3	FITOPRON	Fosfonato de potasio 70 %p/v  Fosforo ( $P_2O_5$ ) 41.3 %p/v Potasio ( $K_2O$ ) 27.3 % p/v	1 <sup>cc</sup> /l.
T4	FITOPRON	Fosfonato de potasio 70 %p/v  Fosforo ( $P_2O_5$ ) 41.3 %p/v Potasio ( $K_2O$ ) 27.3 % p/v	2.5 <sup>cc</sup> /l.
T5	VACOMIL PLUS 50	Metalaxyl 150 g/kg Oxicloruro de cobre 350 g/kg	1 <sup>gr</sup> /l.
T6	TESTIGO	-----	-----

## **5.4.FASE DE INVERNADERO**

### **5.4.1. EL SUSTRATO**

El sustrato que se utilizó para el presente experimento estuvo compuesto de arena fina de río, musgo en la proporción 2:1, en bolsas de polietileno de color negro de 4 litros de volumen.

El musgo se obtuvo del programa de ornamentales de la UNALM, proveniente de los bofedales altoandinos, con una C.E. de 0.6 dS/m mientras que la arena de río provino de la zona de Pachacamac cuya C.E. fue de 1.4 dS/m.

El sustrato fue esterilizado en un autoclave a 121 ° C, 15 atm de presión por 30 min. Posteriormente fueron colocadas en bolsas de polietileno

### **5.4.2. TRASPLANTE DE ÁRANDANO (*Vaccinium corymbosum*) Cv. BILOXI.**

Las plántulas de arándano de aproximadamente 2 meses de edad fueron trasplantadas en un sustrato compuesto de arena de río y musgo a la siguiente proporción 2:1 respectivamente. El volumen de sustrato por plántula de arándano es de 2.5 L.

### **5.4.3. PREPARACIÓN DEL INOCULO DE *P. cinnamomi***

Para la infestación del sustrato con el patógeno (*Phytophthora cinnamomi*) primero se realizó la propagación del patógeno en trigo (100gr) precocido contenidas en bolsas de polipropileno previamente esterilizado en autoclave. Para esto se colocó dentro de cada bolsa 5 discos (1cm.de diámetro) de medio con micelio del patógeno. Las bolsas fueron colocadas en incubadora a 24 °C por 3 semanas aproximadamente, que completa la infección.

#### 5.4.4. INOCULACIÓN DEL PATÓGENO

Una vez que el patógeno desarrolló por completo en las bolsas de trigo, se colocó a razón de 2.5g de trigo con inóculo por cada kilo de sustrato, para ello se colocaron los granos de trigo a 3cm de profundidad alrededor y sobre todo cerca al cuello de planta. Se procedió con la inoculación en cada uno de los tratamientos a excepción del testigo no inoculado

#### 5.4.5. APLICACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

Los productos químicos serán aplicados al follaje (F) y al suelo (S), la aplicación al follaje se realizó con la ayuda de una asperjadora manual, mientras que la aplicación al suelo será vía “drench”. Todos los productos químicos usados se aplicaran a las dosis comerciales recomendadas por el fabricante (Cuadro 2). A los tratamientos 6 y 7 (testigo inoculado y sin inocular) no se le aplicó ningún producto orientado al control de *P. cinnamomi*

CUADRO N° 2. Tratamientos para el control de *Phytophthora cinnamomi* en el cultivo de arándanos (*Vaccinium corymbosum*) Cv. Biloxi. La Molina 2014.

Tratamiento	Nombre comercial	Ingrediente activo	Nº aplicaciones	Forma de aplicación Momento de aplicación	Concentración (ml/l)	Dosis del producto aplicada	Dosis del producto/ Ha *	Dosis del producto/ planta
1	FOSFALEXIN Cu	Fosforo ( $P_2O_5$ ) Potasio ( $K_2O$ )  Cobre (Cu)	3	Foliar/ (antes de la inoculación)	2.5	0.5L/200L	571.42L solución/ha	0.36ml/planta
2	FITOPRON	Fosfonato de potasio	3	Foliar/ (antes de la inoculación)	2.5	0.5L/200L	571.42L solución/ha	0.36ml/planta
3	FOSFALEXIN Cu	Fosforo ( $P_2O_5$ ) Potasio ( $K_2O$ )  Cobre (Cu)	2	Radicular/ (antes de la inoculación)	--	0.5L/200L	2L/ha	0.5ml/planta
4	FITOPRON	Fosfonato de potasio	2	Radicular/ (antes de la inoculación)	--	0.5L/200L	2L/ha	0.5ml/planta
5	VACOMIL PLUS 50	Metalaxyl + Oxiclورو de Cu	2	Radicular/ (1antes – 1 después de la inoculación)	--	0.5kg/200L	2kg/ha	0.5gr/planta
6	Testigo inoculado	--	--	--	--	--	--	--
7	Testigo sin inocular	--	--	--	--	--	--	--

\*Se considera 4000 plantas/ha

## **5.5.VARIABLES EVALUADAS EN INVERNADERO**

Los parámetros a evaluar fueron los siguientes:

### **5.5.1. ALTURA DE PLANTA (ap)**

Para la evaluación de este parámetro, se tomó la medida (longitud del tallo principal) desde el cuello de la planta hasta la yema terminal con la ayuda de una regla milimetrada. Finalmente se determinó el promedio expresado en centímetros (cm)

### **5.5.2. DIAMETRO DE TALLO (dt)**

Se toma la medida del diámetro con ayuda de un vernier. Se determinará el promedio expresado en milímetros (mm).

### **5.5.3. PESO FRESCO DE FOLLAJE (pff)**

Se evaluó el peso fresco de follaje en gramos (g) de cada uno de las plantas de arándanos. La obtención del peso fresco se realizó con la ayuda de una balanza digital.

### **5.5.4. PESO FRESCO RAIZ (pfr)**

Para la evaluación del parámetro peso fresco de la raíz se procedió a colocar la raíz en bolsas de papel y cuantificar el peso para cada repetición. La obtención del peso fresco se realizó con la ayuda de una balanza digital.

### **5.5.5. PESO SECO DE FOLLAJE (psf)**

Se evaluó el peso seco del follaje en gramos (g) de cada una de las plantas de arándano. La obtención del se realizó con la ayuda de una balanza digital.

### **5.5.6. PESO SECO RAIZ (psr)**

Para la evaluación del parámetro peso fresco de la raíz se procedió a colocar la raíz en bolsas de papel y cuantificar el peso para cada repetición. La obtención del peso fresco se realizó con la ayuda de una balanza digital.

### 5.5.7. LONGITUD DE RAIZ (lr)

La longitud del sistema radicular fue medido para cada repetición mediante el procesamiento de fotografías digitalizadas por el programa ASSES distribuido por The American Phytopathological Society, ver figura 4.5.7.

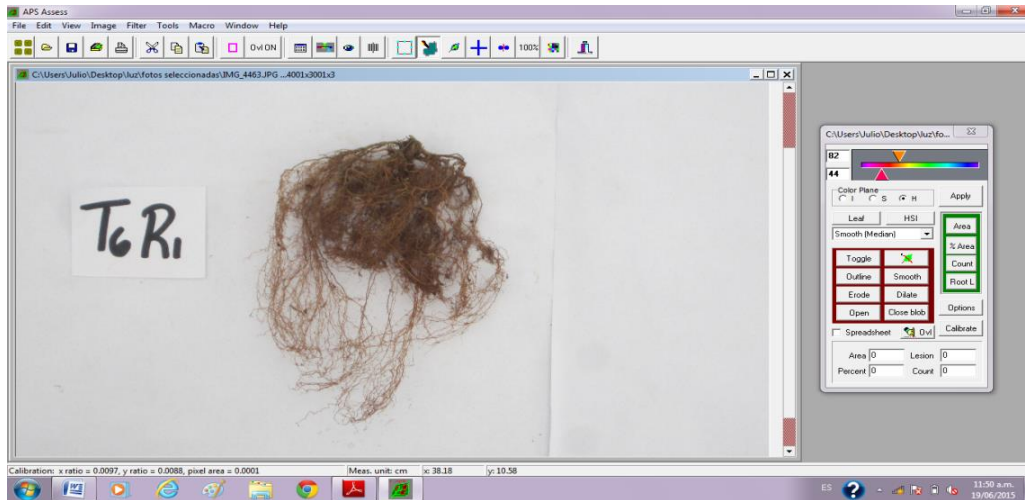


Figura. 5.5.7.: Análisis de fotografía digital usando el programa ASSES.

### 5.5.8. PORCENTAJE DEL DAÑO A LA RAIZ

Para la evaluación de este parámetro se procedió a asignar un valor directo de porcentaje del sistema radicular dañado en términos porcentuales (%) para cada repetición.

### 5.6. DISEÑO ESTADÍSTICO PARA LA PRUEBA EN INVERNADERO

Se empleó el Diseño completamente al Azar (DCA), con siete tratamientos constituidos por 7 repeticiones cada evaluación, haciendo un total de 49 plantas de arándano. Se realizó la prueba de comparación de medias de Tukey con un nivel de significación de 0.05 para las variables evaluadas en invernadero.



## VI. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 6.1.FASES LABORATORIO

#### 6.1.1. AISLAMIENTO É IDENTIFICACIÓN DE *Phytophthora cinnamomi*

A una temperatura de  $24 \pm 2^{\circ}\text{C}$  por 7 días y sobre medio (PDA). La colonia de *Phytophthora cinnamomi* alcanzo un diámetro de 8.5cm. A los 7 días después de la siembra. La colonia fue de color blanco y al microscopio se observó que el micelio era hialino (Figura 1)

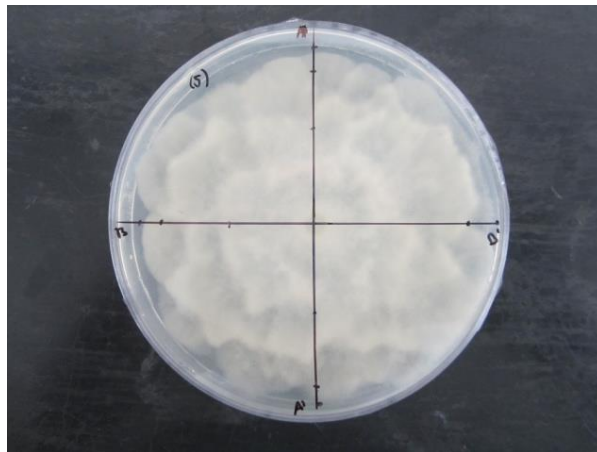


FIGURA N° 1: Crecimiento micelial de *Phytophthora cinnamomi* sobre medio PDA

### 6.1.2. PRUEBA DE ALIMENTO ENVENENADO *in vitro*

Los resultados de la prueba de alimento envenenado *in vitro* se observa en el Cuadro 3 y Figura 2 respectivamente.

El análisis de variancia indica que existen diferencias significativas entre los promedios de los resultados (Anexo 1). En el Cuadro 3 se observa tanto como el Fosfonato de potasio a una concentración de 2.5<sup>cc</sup>/l y Metalaxyl + Oxicloruro de Cu a 1<sup>gr</sup>/l. evitaron el desarrollo de *Phytophthora cinnamomi* en el medio PDA a lo largo de todo el periodo de evaluación.

Al realizarse la prueba de tukey ( $\alpha=0.05$ ) y en la figura 2 se observa que los mejores tratamientos comparados con el testigo para el control de *Phytophthora cinnamomi* bajo condiciones *in vitro* lo constituyen los tratamientos T5 (Metalaxyl + Oxicloruro de Cu 1<sup>0</sup>/<sub>00</sub>) y T4 (Fosfonato de potasio 2.5<sup>0</sup>/<sub>00</sub>), seguidos en orden de mérito por el T3 (Fosfonato de potasio 1<sup>0</sup>/<sub>00</sub>), T2 (Fosfonato potásico + Cu 2.5<sup>0</sup>/<sub>00</sub>), T1 (Fosfonato potásico + Cu 1<sup>0</sup>/<sub>00</sub>). El tratamiento testigo mostro el desarrollo normal de patógeno, y el micelio del hongo cubrió totalmente la placa de cultivo a los 8 días de evaluación. En la figura 3 se observa el ritmo de crecimiento micelial (cm) de *Phytophthora cinnamomi* a 25<sup>0</sup>C bajo los diferentes tratamientos. Asimismo, en la figura 4 se observa el significativo desarrollo micelial del patógeno en el testigo, en comparación con los tratamientos quienes disminuyeron significativamente el desarrollo del hongo bajo condiciones del ensayo experimental.

Datos que concuerdan con los trabajos de Ocho J. (2009), al probar fungicidas como azoxitrobina, fosfitos, metalaxil, etc., que muestras diferencias evaluadas individualmente claras de eficiencia.

Jaime Montealegre descubrió que los fosfitos no solamente tienen un efecto elicitor sino que también tienen efecto directo sobre el microorganismo y sus unidades reproductivas en pruebas *in vitro* con *Phytophthora* en placa petri, además que a medida que aumenta la dosis se incrementa también la inhibición de crecimiento del hongo.

La eficiencia del fosfito de potasio en el control de fitopatógenos de la clase Oomycetes es atribuida a un efecto directo e indirecto. Directamente, la incorporación de fosfito en el medio de cultivo tuvo un efecto fungicida al restringir el crecimiento e inhibir la esporulación de *Pythium* (Lobato *et al.*, 2007).

Vacomil plus 50 es un fungicida compuesto por dos ingredientes activos Metalaxyl (fungicida sistémico, residual) y oxiclورو de cobre (fungicida de amplio espectro y buena persistencia) que le brinda al cultivo un efecto protectante y curativo, este forma una capa protectora en la superficie por efecto del oxiclورو de cobre que inhibe la germinación de las esporas, y conjuntamente con el Metalaxyl que tiene acción sistemática (traslocándose a nivel del xilema) ejerce su efecto curativo, controlando efectivamente la enfermedad. Se recomienda usar para el control de enfermedades causadas por hongos Oomicetos (*Phytophthora* spp, *Pythium* spp, mildius), siendo particularmente activo contra *Phytophthora* spp.; así como para los oídium, por efecto del Oxiclورو de Cu.

Este fungicida ha sido reportado como específico y eficiente en el control de hongos fitopatógenos de la clase de oomicetos como *P. destructor* en cebolla de bulbo (maeso, 2005); Krauthausen et al., 2001; Survilienne et al., 2008 y Wordell et al., 2008), *Plasmopora viticola* (Berk y Curt) Berl toni en uva (Gisi et al., 1985), *Phytophthora infestans* (Mont) de Bary en papa (Gisi y Cohen, 1996) y *P. palmivora* (Butl) en aguacate (Cervera et al., 2007, Faber et al., 2007).

CUADRO N° 3: Diámetro de desarrollo micelial (cm) de *Phytophthora cinnamomi* a 25 °C bajo los diferentes tratamientos

TRATAMIENTO	PRODUCTO	INGREDIENTE ACTIVO	DESARROLLO MICELIAL (cm)				
			FECHA DE EVALUACIÓN				
			11/02/2014	13/02/2014	16/02/2014	17/02/2014	18/02/2014
T1	Fosfalexin Cu	Fosfonato potásico + Cu 1°/00	0 a	0 b	1.7875 b	2.0375 b	2.6125 b
T2	Fosfalexin Cu	Fosfonato potásico + Cu 2.5°/00	0 a	0 b	1.51875 b	1.7125 b	1.9875 b
T3	Fitopron	Fosfonato de potasio 1°/00	0 a	0 b	1.03125 c	1.03125 c	1.03125 c
T4	Fitopron	Fosfonato de potasio 2.5°/00	0 a	0 b	0 d	0 d	0 d
T5	Vacomil plus 50	Metalaxyl + Oxicloruro de Cu 1°/00	0 a	0 b	0 d	0 d	0 d
T6	Testigo	-----	0 a	3.60625 a	6.5875 a	7.50625 a	8.4 a

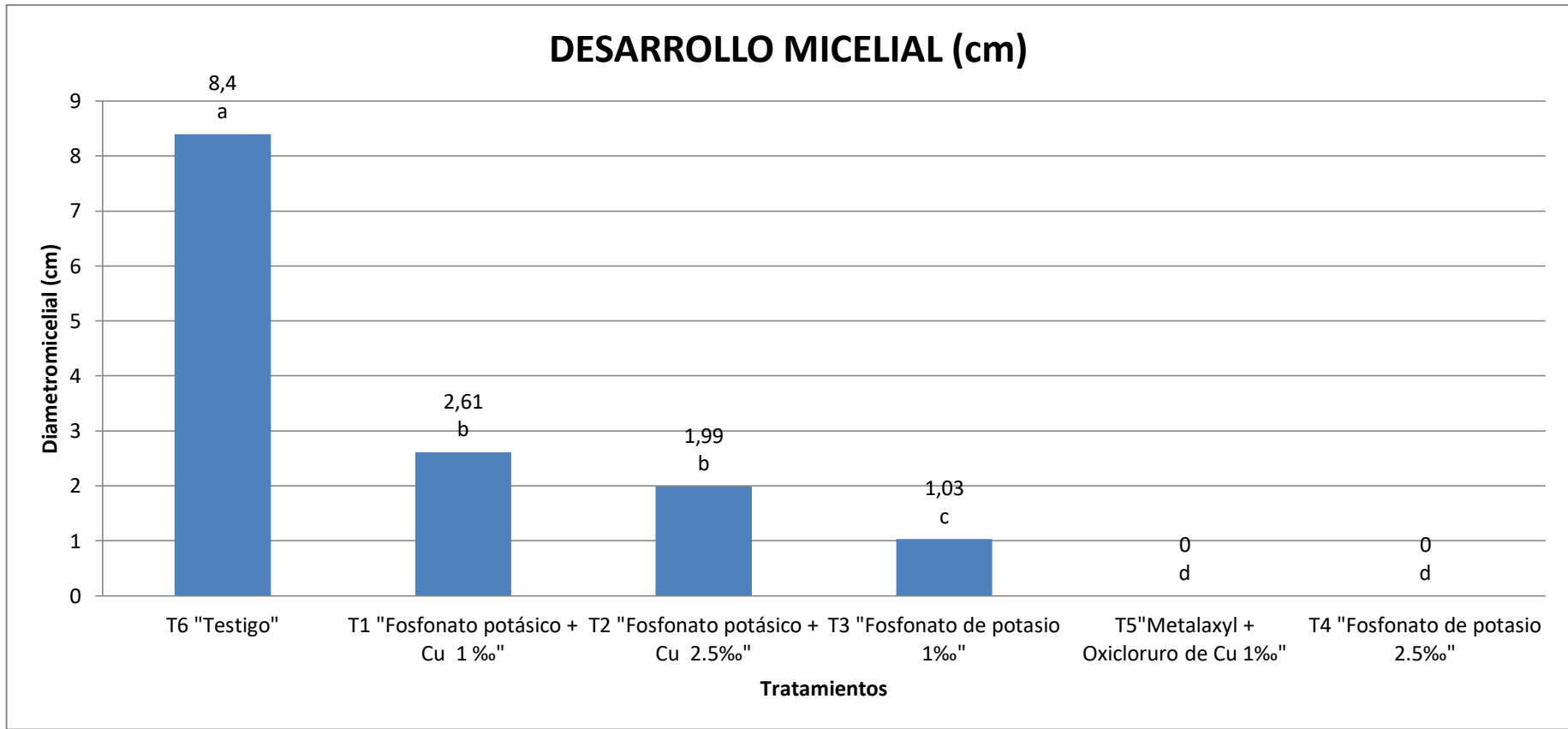


FIGURA N° 2: Diámetro del crecimiento micelial (cm) de *Phytophthora cinnamomi* al octavo día de evaluación bajo diferentes tratamientos.

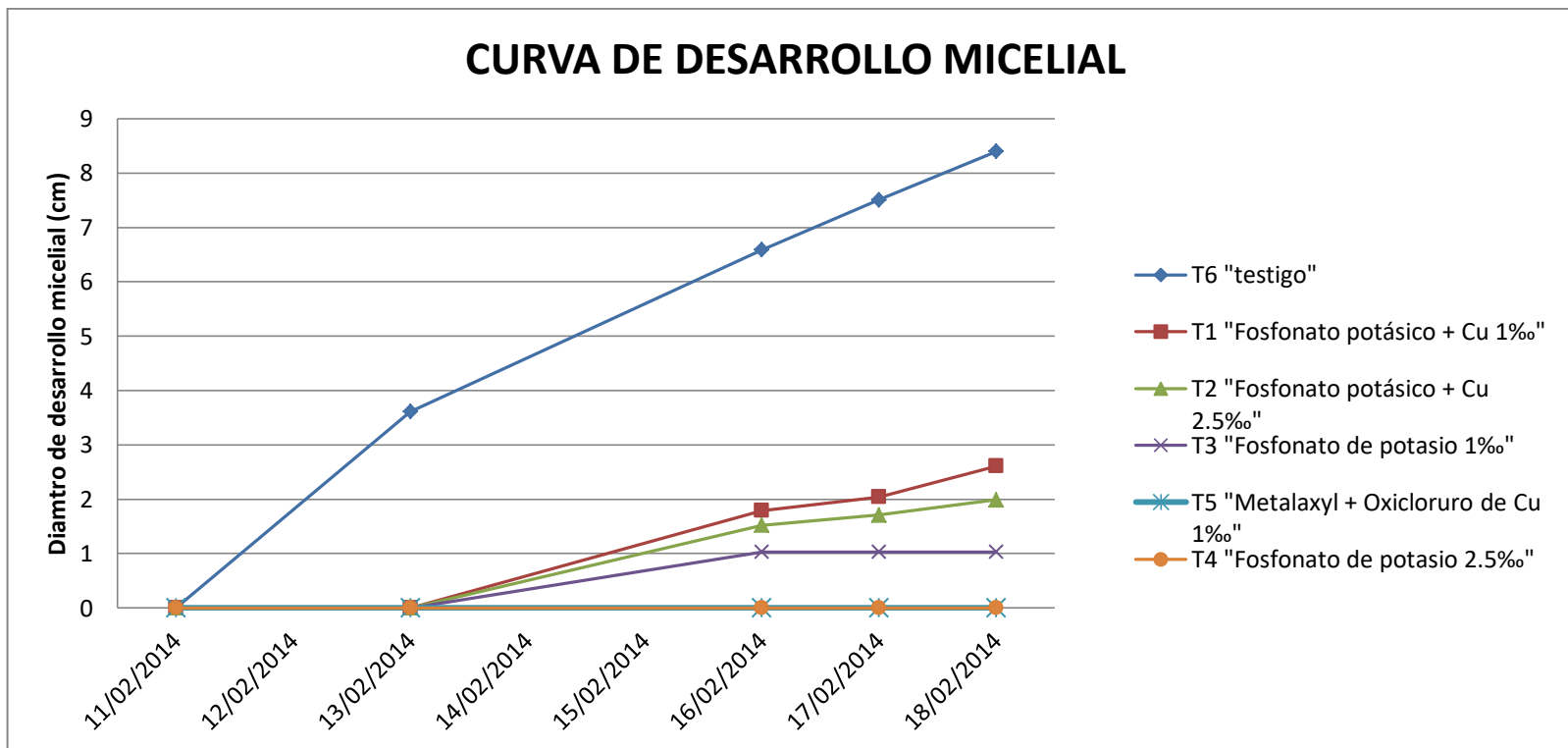
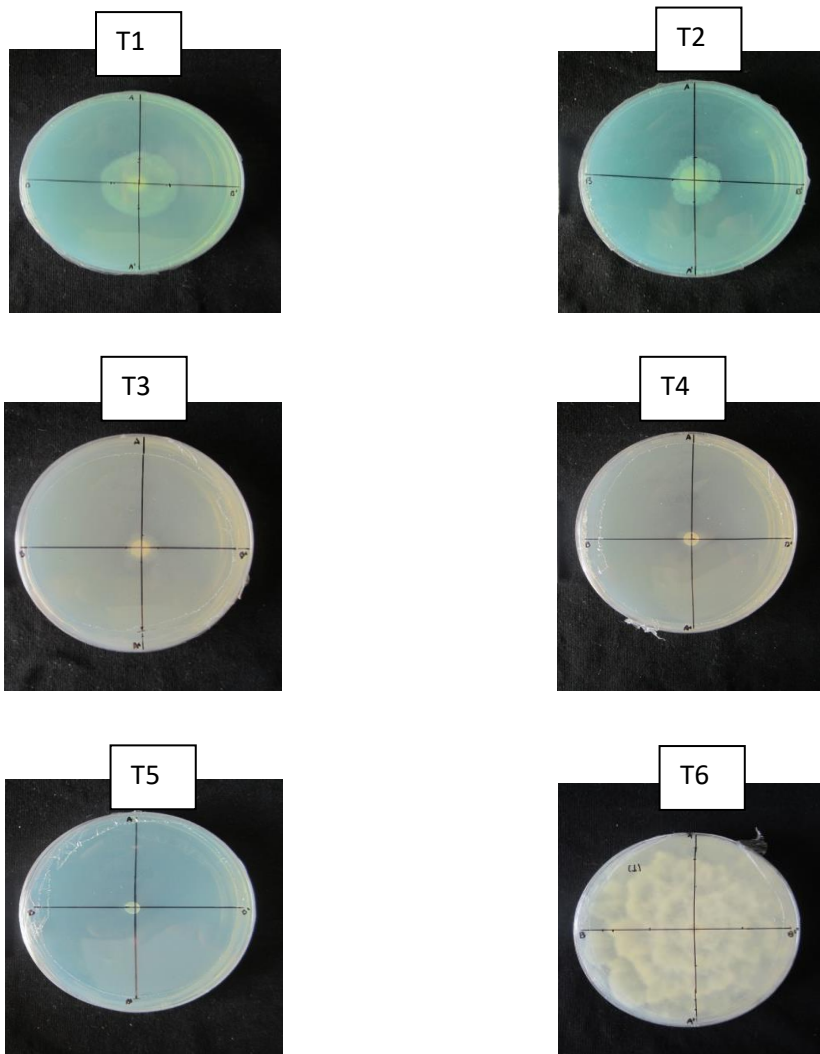


FIGURA N° 3: Curva de desarrollo micelial (cm/día) de *Phytophthora cinnamomi* a 25<sup>0</sup>C bajo los diferentes tratamientos.



T1: Fosfonato potásico + Cu 1<sup>0</sup>/<sub>00</sub>

T2: Fosfonato potásico + Cu 2.5<sup>0</sup>/<sub>00</sub>

T3: Fosfonato de potasio 1<sup>0</sup>/<sub>00</sub>

T4: Fosfonato de potasio 2.5<sup>0</sup>/<sub>00</sub>

T5: Metalaxyl + Oxicloruro de Cu 1<sup>0</sup>/<sub>00</sub>

T6: Testigo

FIGURA N° 4: Tratamientos *in vitro* con diferentes porcentajes para el control de *Phytophthora cinnamomi*

## 6.2.FASE INVERNADERO

### 6.2.1. ALTURA DE PLANTA

En el Cuadro 4 se presentan los resultados de la evaluación realizada para la altura de planta al término del ensayo experimental, donde se demuestra que los valores más altos lo obtienen los tratamientos Fosfonato de potasio “foliar” y Fosfonato de potasio “radicular” y con valores de 54.23 y 52.8 cm respectivamente, en comparación con el testigo inoculado y el tratamiento con Fosfonato potásico + Cu “foliar” con valores de 36.39 y 43.46 cm respectivamente. En el análisis de variancia (anexo 2) se muestran diferencias significativas. Al realizar la prueba en comparación de tukey, todos los tratamientos no muestran diferencias significativas entre ellos, solo el testigo inoculado muestra diferencias estadísticas con el resto de tratamientos.

Según Leal, J.M.; Castaño,J.; Bolaños. (2014). En su trabajo no hubo diferencias significativas en sus tratamientos con (Mancozeb 64% + Metalaxil 4%, Mancozeb 35% + Fosetil-Al 35% y el Fosfito de potasio), ya que aumentaron la altura de las plántulas en su evaluación de manejo de la pudrición radical (*Phytophthora cinnamomi* rands) del aguacate (*Persea americana* linneo)

Resultados que concuerdan con el ensayo de control con inductores químicos de resistencia frente a *P. cinnamomi* (Apaza, Guillermo 2007), ambos resultados podrían deberse a que los ingredientes activos de los fosfitos que poseen compuestos capaces de cambiar el metabolismo de defensa de la planta (Rouhier et al, 1993), presumiblemente a través de la producción de fitoalexinas.



CUADRO N° 4: Promedios de altura de planta (cm), para la prueba de alternativas de control preventivo con el uso de fosfitos en el cultivo de arándano (*Vaccinium corymbosum*) va. Biloxi. A la inoculación con *Phytophthora cinnamomi*. La Molina – Lima. 2014

TRATAMIENTOS		ALTURA DE PLANTA (cm)	
T2	Fosfonato de potasio (foliar)	54.229	a
T4	Fosfonato de potasio (radicular)	52.8	a
T5	Metalaxyl + Oxiclورو de Cu	50.614	a
T3	Fosfonato potásico + Cu (radicular)	50.386	a
T6	Testigo sin inocular	47.129	ab
T1	Fosfonato potásico + Cu (foliar)	43.457	ab
T7	Testigo inoculado	36.386	b

C.V. : 16.89 %

Cme: 65.89

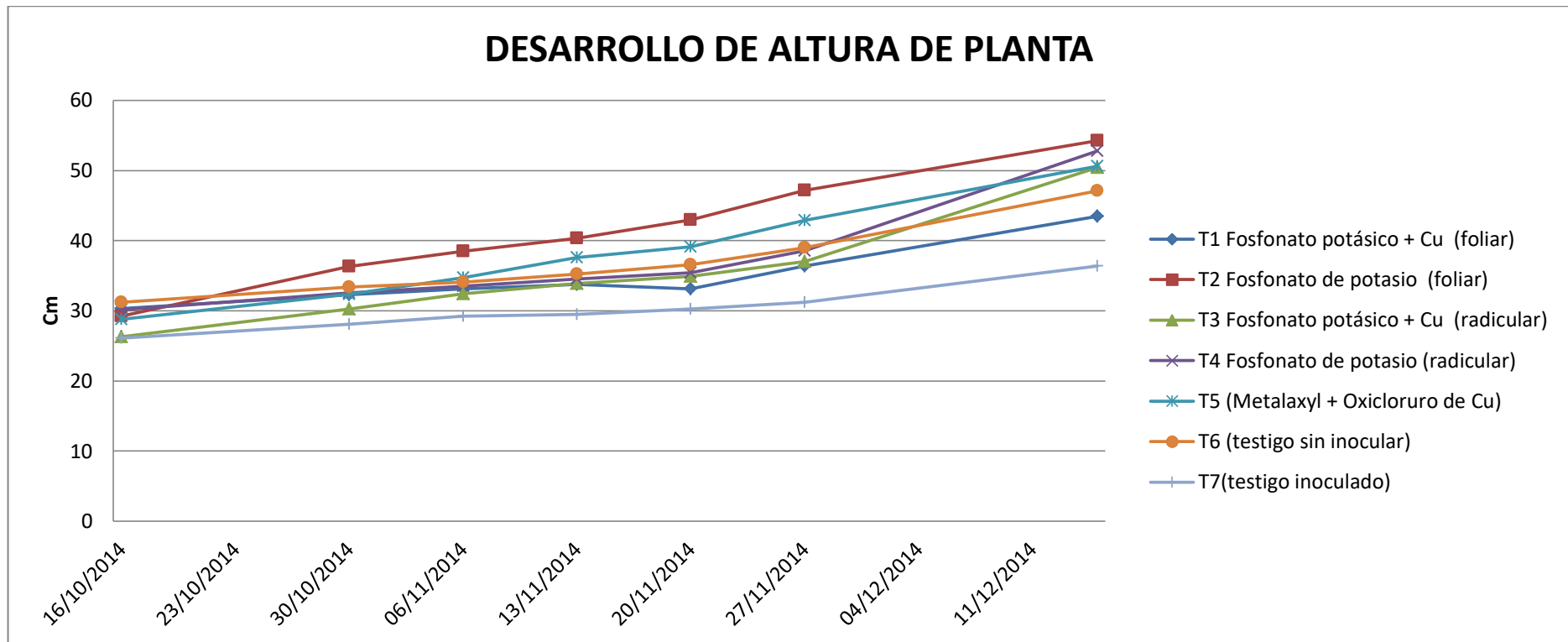


FIGURA N° 5: Curva de desarrollo en altura de planta (cm) en la prueba en invernadero para el control preventivo de *Phytophthora cinnamomi* bajo los diferentes tratamientos.

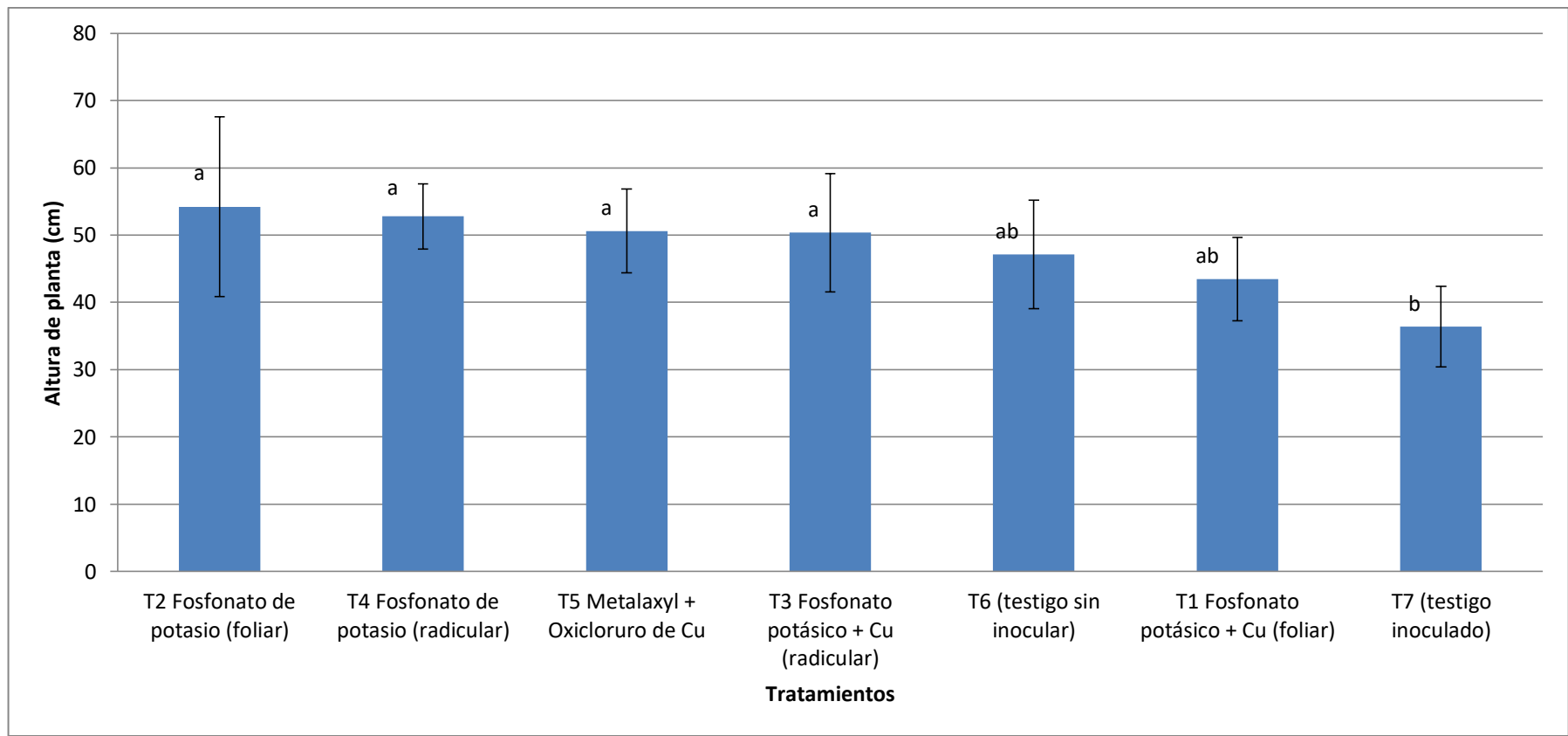


FIGURA N° 6: Promedio de altura de planta (cm) en la prueba en invernadero para el control de *Phytophthora cinnamomi* bajo los diferentes tratamientos.



FIGURA N° 7: Comparativo entre los tratamientos al termino del trabajo experimental.

Plantas de arándano (*Vaccinium corymbosum*) Cv. Biloxi.

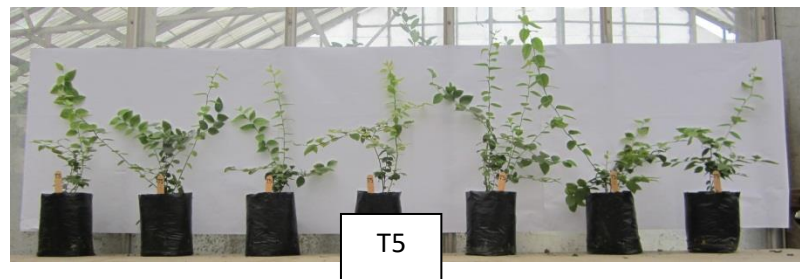
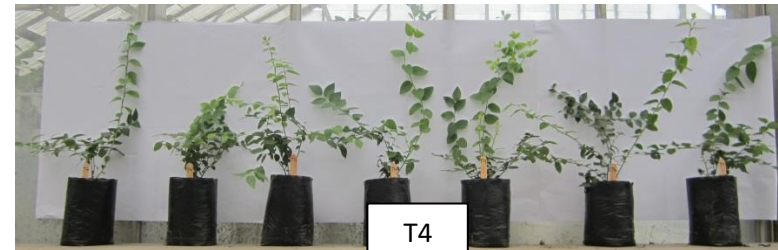
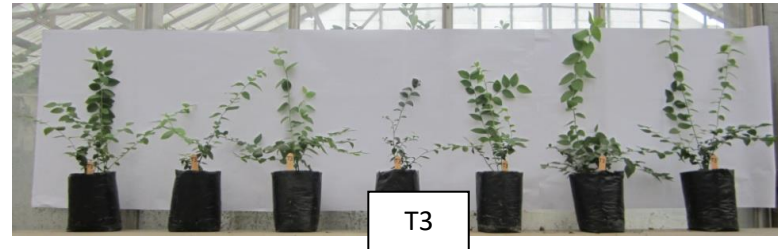
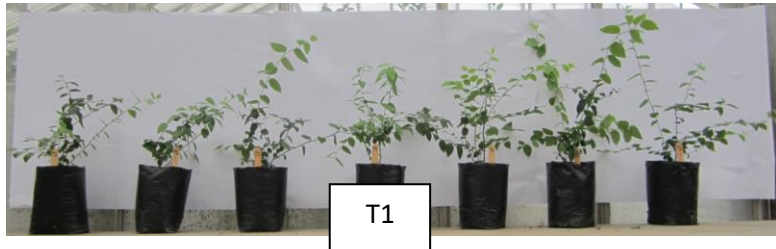
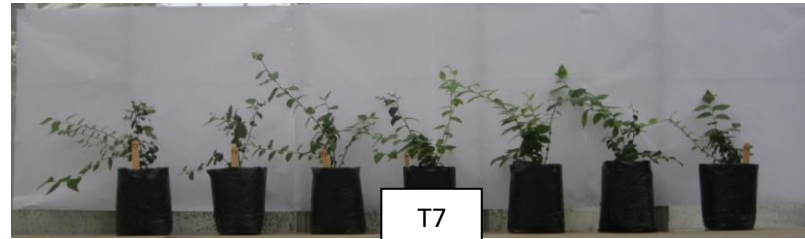
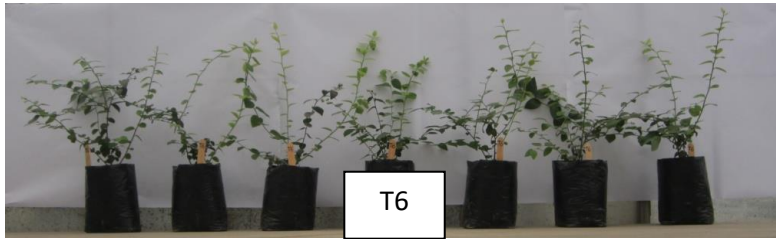


FIGURA N° 8: Total de plantas al termino del trabajo experimental.

## 6.2.2. DIAMETRO DE TALLO

En el Cuadro 5 se presentan los resultados de la evaluación realizada para el diámetro de planta al término del ensayo experimental, donde se demuestra que los valores más altos lo obtienen los tratamientos Fosfonato de potasio “foliar” y Fosfonato de potasio “radicular” y con valores de 54.23 y 52.8 cm respectivamente, en comparación con el testigo inoculado y el tratamiento con Fosfonato potásico + Cu “foliar” con valores de 36.39 y 43.46 cm respectivamente, los cuales muestran de acuerdo al análisis de variancia (anexo 3) y la prueba de tukey ( $\alpha=0.05$ ) que no existe diferencias significativas con los tratamientos.

Datos que concuerdan con las experiencias de Alvarez, Garcia, Mora, Salgado y Gonzales 2013. En su trabajo con rosas probando fosfitos de potasio como alternativa en el manejo de mildiu veloso del rosal. Respecto al variable diámetro de tallo sus resultados indicaron que los tratamientos de fosfito de potasio y fosfipeptidos presentaron un incremento en el diámetro de tallo con respecto al testigo.

CUADRO N°5: Promedios de diámetro de tallo (mm), para la prueba de alternativas de control preventivo con el uso de fosfitos en el cultivo de arándano (*Vaccinium corymbosum*) va. Biloxi. A la inoculación con *Phytophthora cinnamomi*. La Molina – Lima. 2014

TRATAMIENTOS		DIAMETRO DE TALLO (mm)
T2	Fosfonato de potasio (foliar)	0.532 a
T6	Testigo sin inocular	0.515 a
T3	Fosfonato potásico + Cu (radicular)	0.508 a
T4	Fosfonato de potasio (radicular)	0.506 a
T5	Metalaxyl + Oxicloruro de Cu	0.502 a
T1	Fosfonato potásico + Cu (foliar)	0.486 a
T7	Testigo inoculado	0.436 a

C.V.: 23.75%

Cme: 0.013

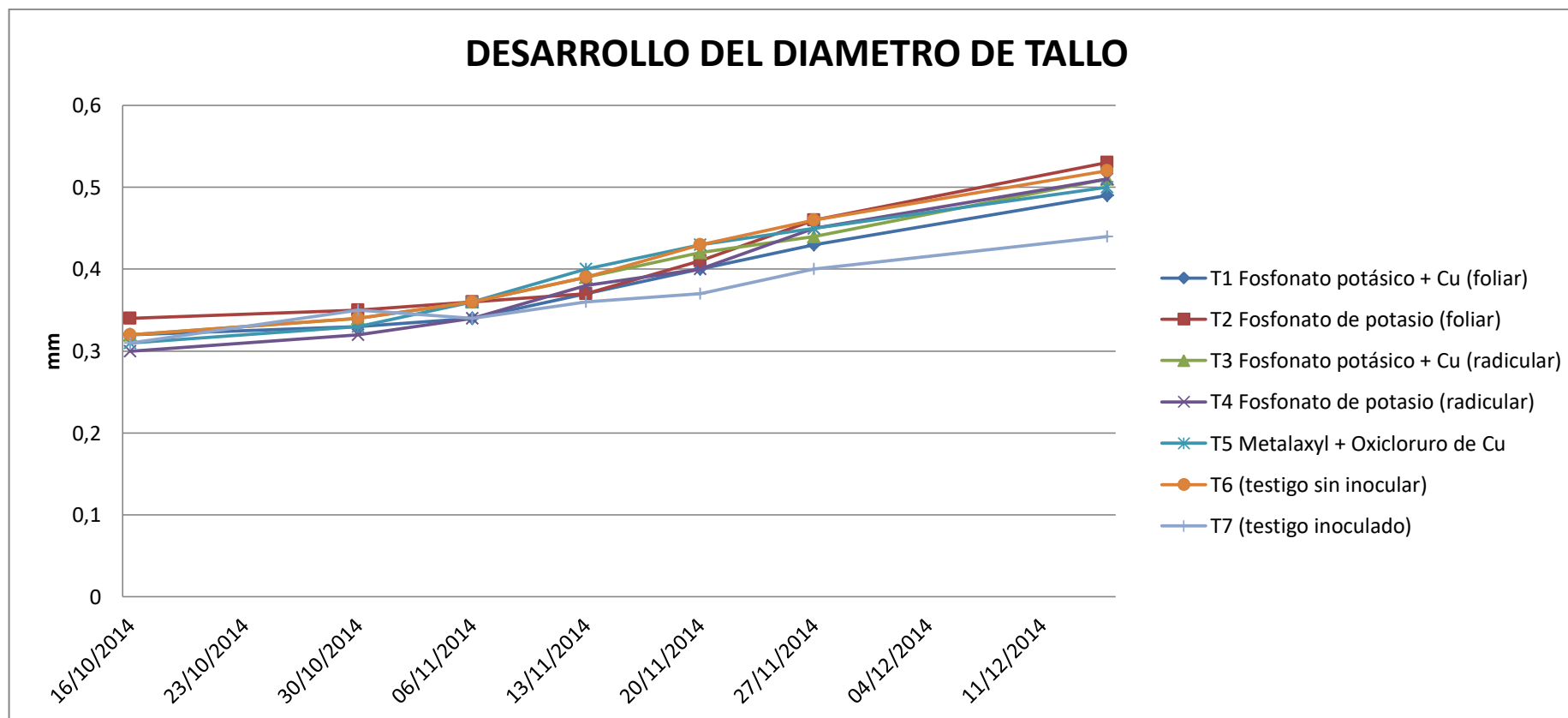


FIGURA N° 9: Curva de desarrollo diámetro de tallo (mm) en la prueba en invernadero para el control preventivo de *Phytophthora cinnamomi* bajo los diferentes tratamientos.

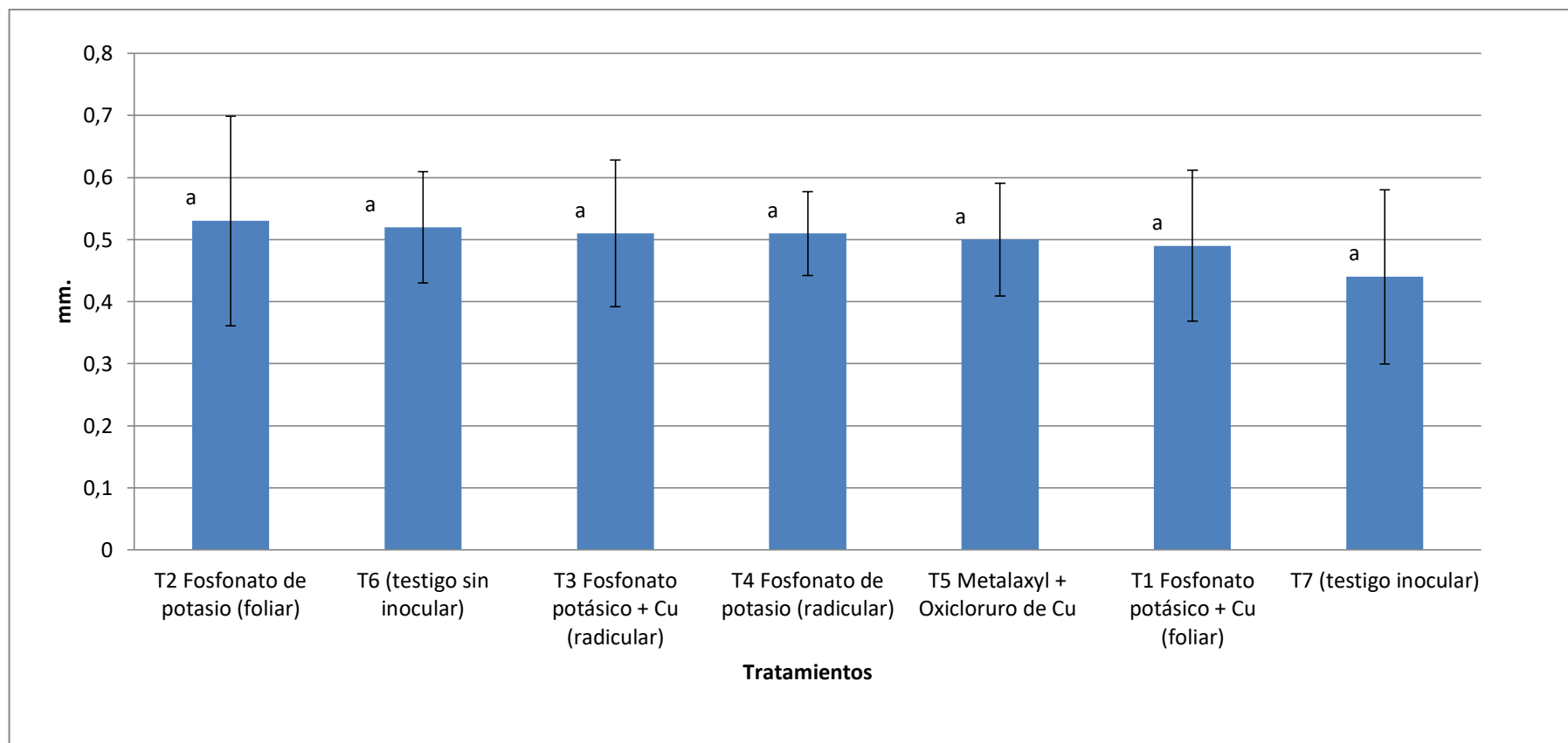


FIGURA N° 10: Promedio de diámetro de tallo (mm) en la prueba en invernadero para el control de *Phytophthora cinnamomi* bajo los diferentes tratamientos.



### 6.2.3. PESO FRESCO FOLIAR

En el Cuadro 6 se presenta los resultados de la evaluación realizada por el peso fresco del follaje de la planta (g) al término del ensayo experimental

El análisis de variancia (anexo 4) nos indica que existen diferencias significativas entre los promedios de los tratamientos, observándose que los fosfitos y el fungicida presentaron los valores más altos de peso fresco foliar (g) comparativamente con el testigo inoculado, debido a que su efecto es dañino sobre el patógeno (*Phytophthora cinnamomi*) permitieron que la planta desarrollara de manera normal la primera etapa del cultivo.

La prueba de tukey ( $\alpha = 0.05$ ) en la tabla nos indican que el tratamiento que presentó un mayor peso fresco foliar fue: Fosfonato de potasio (radicular) (20.537gr), le siguieron Metalaxyl + Oxicloruro de Cu (17.706gr), testigo sin inocular (16.820gr), Fosfonato de potasio foliar (15.989gr), Fosfonato potásico + Cu foliar (14.777gr), Fosfonato potásico + Cu radicular (14.226gr). El tratamiento testigo inoculado presento el promedio más bajo de peso fresco foliar de la planta. 12.197gr.

CUADRO N° 6: Promedios de peso fresco foliar (gr), para la prueba de alternativas de control preventivo con el uso de fosfitos en el cultivo de arándano (*Vaccinium corymbosum*) va. Biloxi. A la inoculación con *Phytophthora cinnamomi*. La Molina – Lima. 2014

TRATAMIENTOS		PESO FRESCO FOLIAR (Gr)
T4	Fosfonato de potasio (radicular)	20.537 a
T5	Metalaxyl + Oxicloruro de Cu	17.706 ab
T6	Testigo sin inocular	16.820 ab
T2	Fosfonato de potasio (foliar)	15.989 ab
T1	Fosfonato potásico + Cu (foliar)	14.777 ab
T3	Fosfonato potásico + Cu (radicular)	14.226 ab
T7	Testigo inoculado	12.197 b

C.V. 25.03%

Cme: 16.11

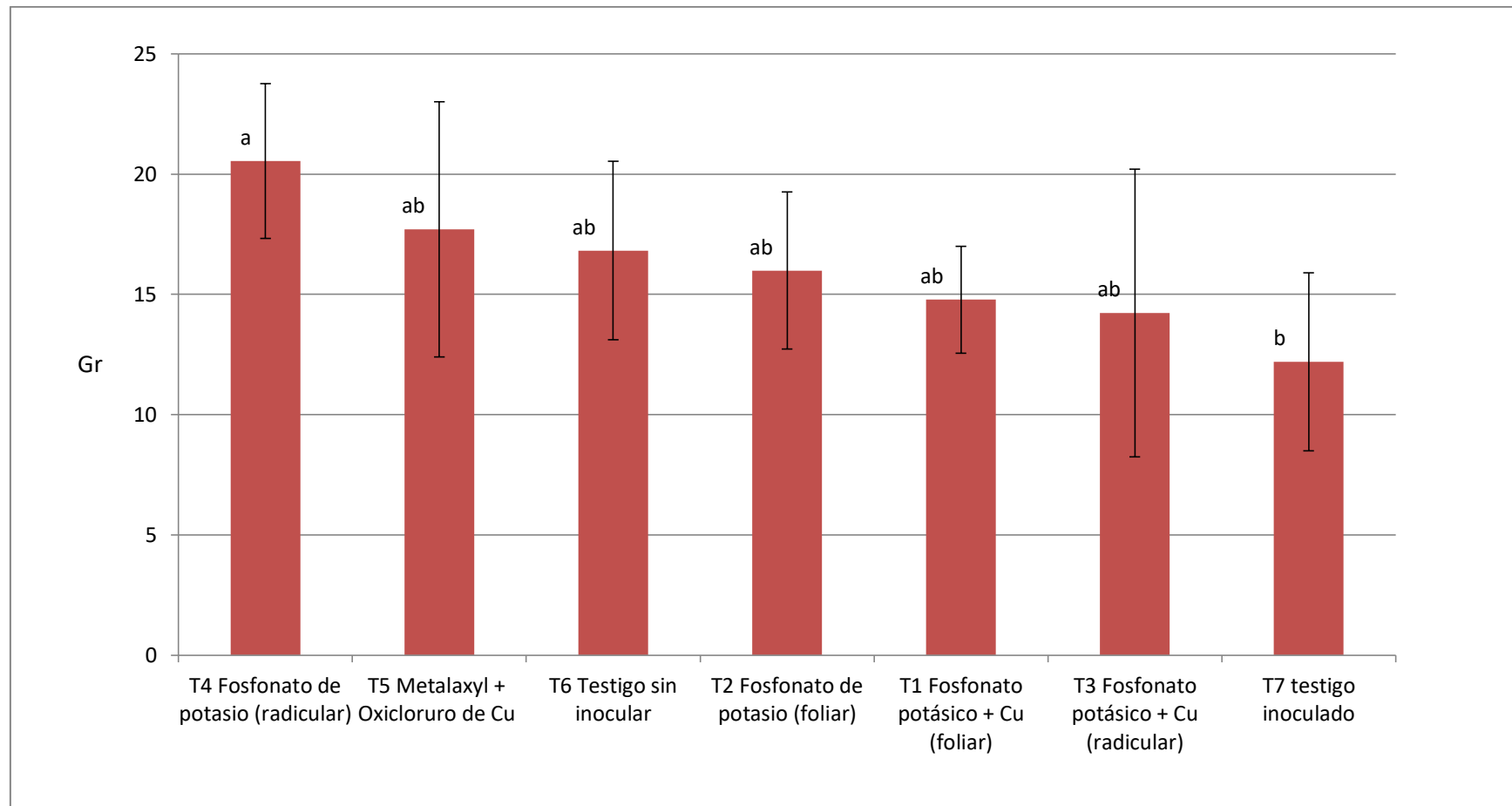


FIGURA N° 11: Promedio de peso fresco foliar de la planta (gr) en la prueba en invernadero para el control preventivo de *Phytophthora cinnamomi* bajo los diferentes tratamientos.

#### 6.2.4. PESO FRESCO RADICULAR:

En el Cuadro 7 se presenta los resultados de la evaluación realizada por el peso fresco radicular de la planta (g) al término del ensayo experimental

El análisis de variancia (anexo 5) nos indica que existen diferencias significativas entre los promedios de los tratamientos, observándose que el testigo sin inocular, los fosfitos y el fungicida presentaron los valores más altos de peso fresco radicular (g) comparativamente con el testigo inoculado, debido a que su efecto es dañino sobre el patógeno (*Phytophthora cinnamomi*) permitieron que la planta desarrollara de manera normal la primera etapa del cultivo.

La prueba de tukey ( $\alpha = 0.05$ ) en la tabla nos indican que el tratamiento que presentó un mayor peso fresco radicular fue: testigo sin inocular (3.374gr), le siguieron Fosfonato de potasio (radicular) (2.894gr), Fosfonato de potasio foliar (2.431gr), Metalaxyl + Oxiclورو de Cu (2.403gr), Fosfonato potásico + Cu foliar (2.33gr), Fosfonato potásico + Cu radicular (2.089gr). El tratamiento testigo inoculado presento el promedio más bajo de peso fresco radicular de la planta. 1.831gr.

CUADRO N° 7: Promedios de peso fresco radicular (gr), para la prueba de alternativas de control preventivo con el uso de fosfitos en el cultivo de arándano (*Vaccinium corymbosum*) va. Biloxi. A la inoculación con *Phytophthora cinnamomi*. La Molina – Lima. 2014

TRATAMIENTOS		PESO FRESCO RADICULAR (Gr)
T6	Testigo sin inocular	3.374 a
T4	Fosfonato de potasio (radicular)	2.894 ab
T2	Fosfonato de potasio (foliar)	2.431 abc
T5	Metalaxyl + Oxiclورو de Cu	2.403 abc
T1	Fosfonato potásico + Cu (foliar)	2.33 bc
T3	Fosfonato potásico + Cu (radicular)	2.089 bc
T7	Testigo inoculado	1.831 c

C.V. 25.92%

Cme: 0.41

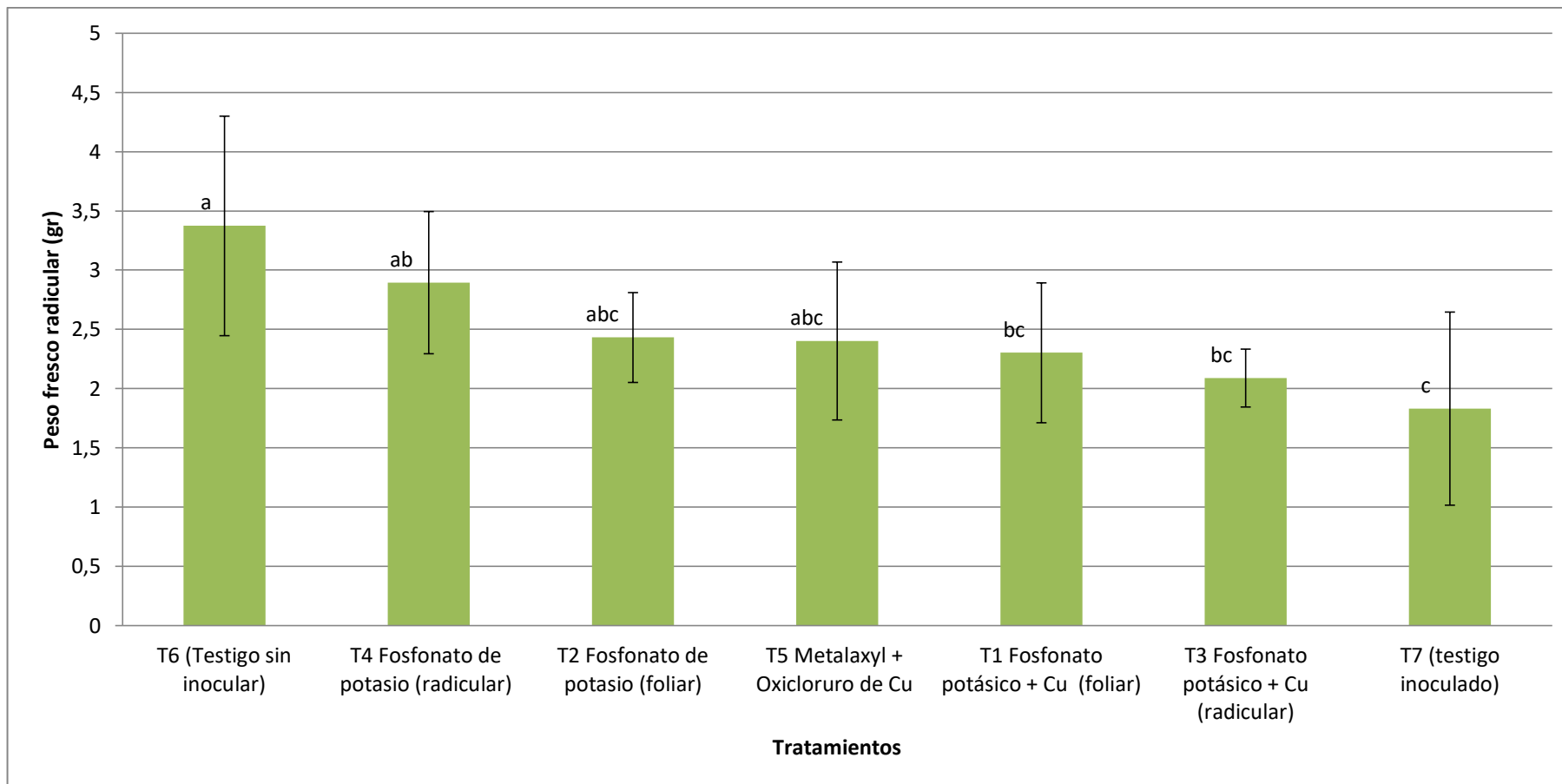


FIGURA N° 12: Promedio de peso fresco radicular de la planta (gr) en la prueba en invernadero para el control preventivo de *Phytophthora cinnamomi* bajo los diferentes tratamientos.

#### 6.2.5. PESO SECO FOLIAR

En el Cuadro 8 se presenta los resultados de la evaluación realizada por el peso seco foliar de la planta (g) al término del ensayo experimental, donde se muestra que no hubo diferencias significativas entre los tratamientos de la evaluación, lo que demuestra en la prueba de comparación de medias de tukey ( $\alpha = 0.05$ ) (anexo 6), que los tratamientos con Fosfonato de potasio produjeron los valores más altos de peso seco foliar con respecto al testigo inoculado; sin embargo, es importante destacar los tratamientos con Fosfonato de potasio (radicular), testigo sin inocular, Fosfonato de potasio (foliar) y Metalaxyl + Oxiclóruo de Cu, los cuales presentaron los valores más altos de 7.051gr, 6.809gr, 6.083gr y 5.9gr, respectivamente, con relación al testigo inoculado con 4.837gr. El Fosfonato de potasio cuyo ingrediente activo es el fosfonato de potasio (PLM. 2012), proporcionan resistencia a la enfermedad y por tanto un mayor desarrollo de las plantas.

CUADRO N° 8: Promedios de peso seco foliar (gr), para la prueba de alternativas de control preventivo con el uso de fosfitos en el cultivo de arándano (*Vaccinium corymbosum*) va. Biloxi. A la inoculación con *Phytophthora cinnamomi*. La Molina – Lima. 2014

TRATAMIENTOS		PESO SECO FOLIAR (Gr)	
T4	Fosfonato de potasio (radicular)	7.051	a
T6	Testigo sin inocular	6.809	a
T2	Fosfonato de potasio (foliar)	6.083	a
T5	Metalaxyl + Oxiclóruo de Cu	5.900	a
T1	Fosfonato potásico + Cu (foliar)	5.497	a
T3	Fosfonato potásico + Cu (radicular)	5.360	a
T7	Testigo inoculado	4.837	a

C.V. 25.94%

Cme: 2.37

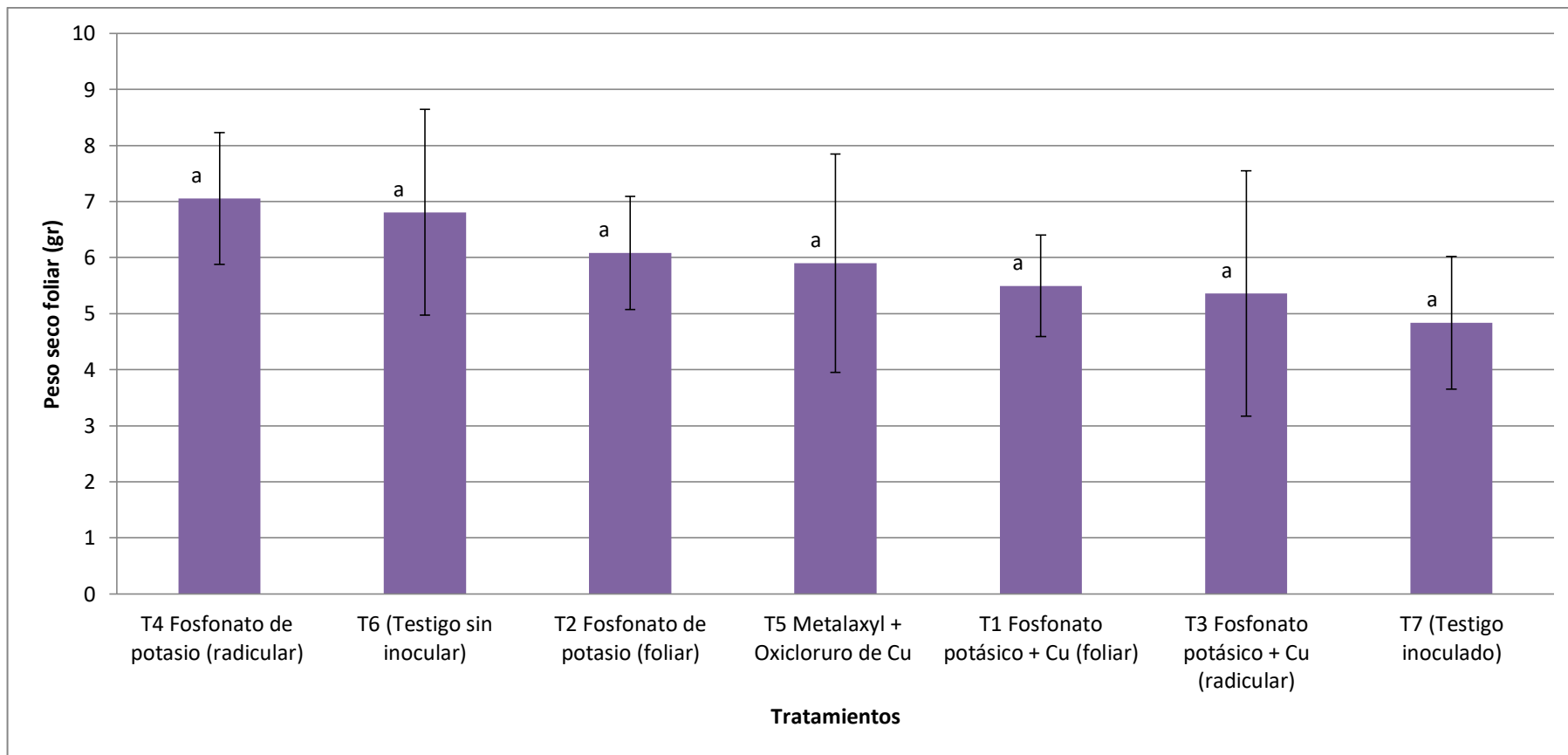


FIGURA N° 13: Promedio de peso seco foliar de la planta (gr) en la prueba en invernadero para el control preventivo de *Phytophthora cinnamomi* bajo los diferentes tratamientos

#### 6.2.6. PESO SECO RADICULAR

En la Cuadro 9 se presenta los resultados de la evaluación realizada por el peso seco radicular de la planta (gr.) al término del ensayo experimental

El análisis de variancia (anexo 7) nos indica que existen diferencias significativas entre los promedios de los tratamientos, observándose que el testigo sin inocular, los fosfitos y el fungicida presentaron los valores más altos de peso seco radicular (gr) lo que guarda relación con los valores obtenidos con la variable peso fresco radicular (gr) a mayor peso fresco, mayor peso seco. El tratamiento testigo inoculado presentó los valores más bajos, debido a que muchas de las plantas evaluadas mostraron escasa raíz, ya que la enfermedad mermó gran parte de su área radicular.

La prueba de tukey ( $\alpha = 0.05$ ) en la tabla nos indican que el tratamiento que presentó un mayor peso fresco radicular fue: testigo sin inocular (1.820gr), le siguieron: Fosfonato de potasio (radicular) (1.363gr), Fosfonato de potasio foliar (1.354gr), Metalaxyl + Oxiclورو de Cu (1.229gr), Fosfonato potásico + Cu foliar (1.163gr), Fosfonato potásico + Cu radicular (1.086gr). El tratamiento testigo inoculado presento el promedio más bajo de peso fresco radicular de la planta. 0.989gr.

Resultados que corroboran a los estudios descriptos por. Huamani, Guillermo. (2007). Donde se muestran que los valores más altos se obtienen en los tratamientos con aliette y kalex de ingredientes activos (fosfonato de aluminio, fosfito de potasio, respectivamente), estimulador en la formación de fitoalexinas compuestos flavonoides con diferentes funciones antimicrobianas, tienen un efecto directo sobre los hongos de la familia de los Oomicetos (*Phytophthora*, *Pseudoperonospora*, *Perenospora*, *Phthium*. Albulgo, *Bremia*, etc.).

Por otro lado en trabajos con uso de metalaxil extensivo e intensivo como único fungicida en el control de tizon tardío y debido a su frecuente utilización cuando ya se observaban síntomas de la enfermedad, creó una presión para la aparición de variantes de *P. infestans* resistentes al metalaxil a los tres años de su introducción (Davidse et al., 1981; Dowley y O'Sullivan, 1981). Lo que pudo deberse a que este tratamiento no tuvo un buen resultado en comparación con Fosfonato de potasio.

Leal, J.M.; Castaño, J.; Bolaños, (2014), por otro lado muestran en su trabajo, manejo de la pudrición radical (*Phytophthora cinnamomi* RANDS) DEL AGUACATE (*Persea americana* LINNEO), tratamientos con (Mancozeb 64% + Metalaxil 4%, Mancozeb 35% + Fosetil-Al 35%) buenos resultados para este parámetro. Además, J., Ochoa J. hace incapie en la diversificación de uso de fungicidas, o estrategias de rotación como metalaxil con dimetomorf. Lo que se recomendaría para el control de *Phytophthora*.

CUADRO N° 9: Promedios de peso seco radicular (gr), para la prueba de alternativas de control preventivo con el uso de fosfitos en el cultivo de arándano (*Vaccinium corymbosum*) va. Biloxi. A la inoculación con *Phytophthora cinnamomi*. La Molina – Lima. 2014

TRATAMIENTOS		PESO SECO RADICULAR (Gr)	
T6	Testigo sin inocular	1.820	a
T4	Fosfonato de potasio (radicular)	1.363	ab
T2	Fosfonato de potasio (foliar)	1.354	ab
T1	Fosfonato potásico + Cu (foliar)	1.229	b
T3	Fosfonato potásico + Cu (radicular)	1.163	b
T5	Metalaxyl + Oxiclورو de Cu	1.086	b
T7	Testigo inoculado	0.989	b

C.V. 26.15%

Cme: 0.11



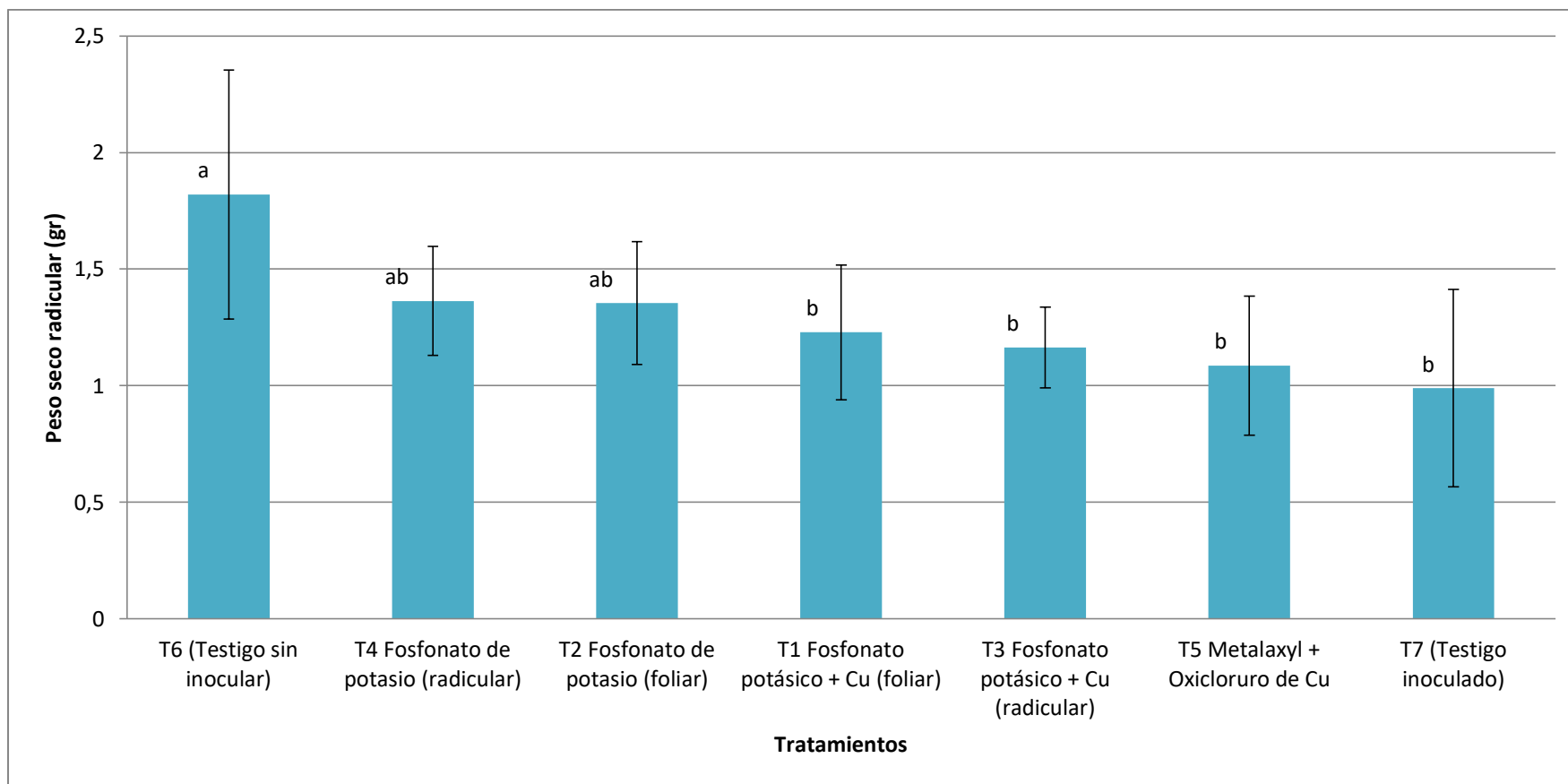


FIGURA N° 14: Promedio de peso seco radicular de la planta (gr) en la prueba en invernadero para el control preventivo de *Phytophthora cinnamomi* bajo los diferentes tratamientos.

### 6.2.7. LONGITUD DE RAICES:

En el Cuadro 10 se presentan los resultados de la evaluación realizada para la longitud de raíces (cm) al término del ensayo experimental.

El análisis de variancia (anexo 8) nos indica que hay diferencias significativas entre los promedios de los tratamientos. Observándose que el testigo sin inocular presento el valor más alto diferenciándose del resto de tratamientos, seguido por Fosfonato de potasio y Fosfonato potásico + Cu, donde se pude observar que no existen diferencias significativas entre estos tratamientos. El testigo inoculado presentó los valores más bajos, ya que no se le aplico ningún tratamiento previo que evitara el daño de raíz

La prueba de tukey ( $\alpha = 0.05$ ) nos indican que el tratamiento que presentó un mayor longitud de raíz fue: testigo sin inocular (968.35 cm.), le siguieron: Fosfonato de potasio foliar (492.33 cm.), Fosfonato de potasio radicular (476.12 cm.), Fosfonato potásico + Cu foliar (402.28 cm.), Fosfonato potásico + Cu radicular (354.04 cm.), Metalaxyl + Oxidocloruro de Cu (269.70 cm.), el tratamiento testigo inoculado presento el promedio más bajo de longitud de raíces de planta 260.16 cm.

El Fitopron, cuyo ingrediente activo es el Fosfonato de potasio es un producto fertilizante foliar inductor de fitoalexinas soluble en agua. Fosfalexin Cu se trata de un abono PK + Cu con un alto contenido de fósforo y potasio, el fósforo se presenta en forma de Fosfonato potásico + Cu. Ambos productos de excelente movilidad que estimular la producción de compuestos relacionados con la resistencia natural de la planta.

Según las experiencias de Apaza, 2007. Se observa que los tratamientos con aliette (s) y kalex (s) obtuvieron valores altos bajo este parámetro, estos productos también tienen un mecanismo de acción directa que bajo la degradación de ambos ingredientes activos se forma el ácido fosforoso ( $H_3PO_3$ ) tiene una acción fungitóxica contra la mayoría de las especies del género *Phytophthora*, afectando directamente la germinación de las esporas y el desarrollo del micelio (Fen and Coffey, 1988; La Torre, 1989; Mont Kock, 1993; Química Suiza, 2004)

CUADRO N° 10: Promedios de longitud de raíces (cm.), para la prueba de alternativas de control preventivo con el uso de fosfitos en el cultivo de arándano (*Vaccinium corymbosum*) va. Biloxi. A la inoculación con *Phytophthora cinnamomi*. La Molina – Lima. 2014

TRATAMIENTOS		LONGITUD DE RAIZ (cm)	
T6	Testigo sin inocular	968.35	a
T2	Fosfonato de potasio (foliar)	492.33	b
T4	Fosfonato de potasio (radicular)	476.12	bc
T1	Fosfonato potásico + Cu (foliar)	402.28	bc
T3	Fosfonato potásico + Cu (radicular)	354.04	bc
T5	Metalaxyl + Oxiclورو de Cu	269.70	c
T7	Testigo inoculado	260.16	c

C. V.: 28.62%

Cme: 17361.408

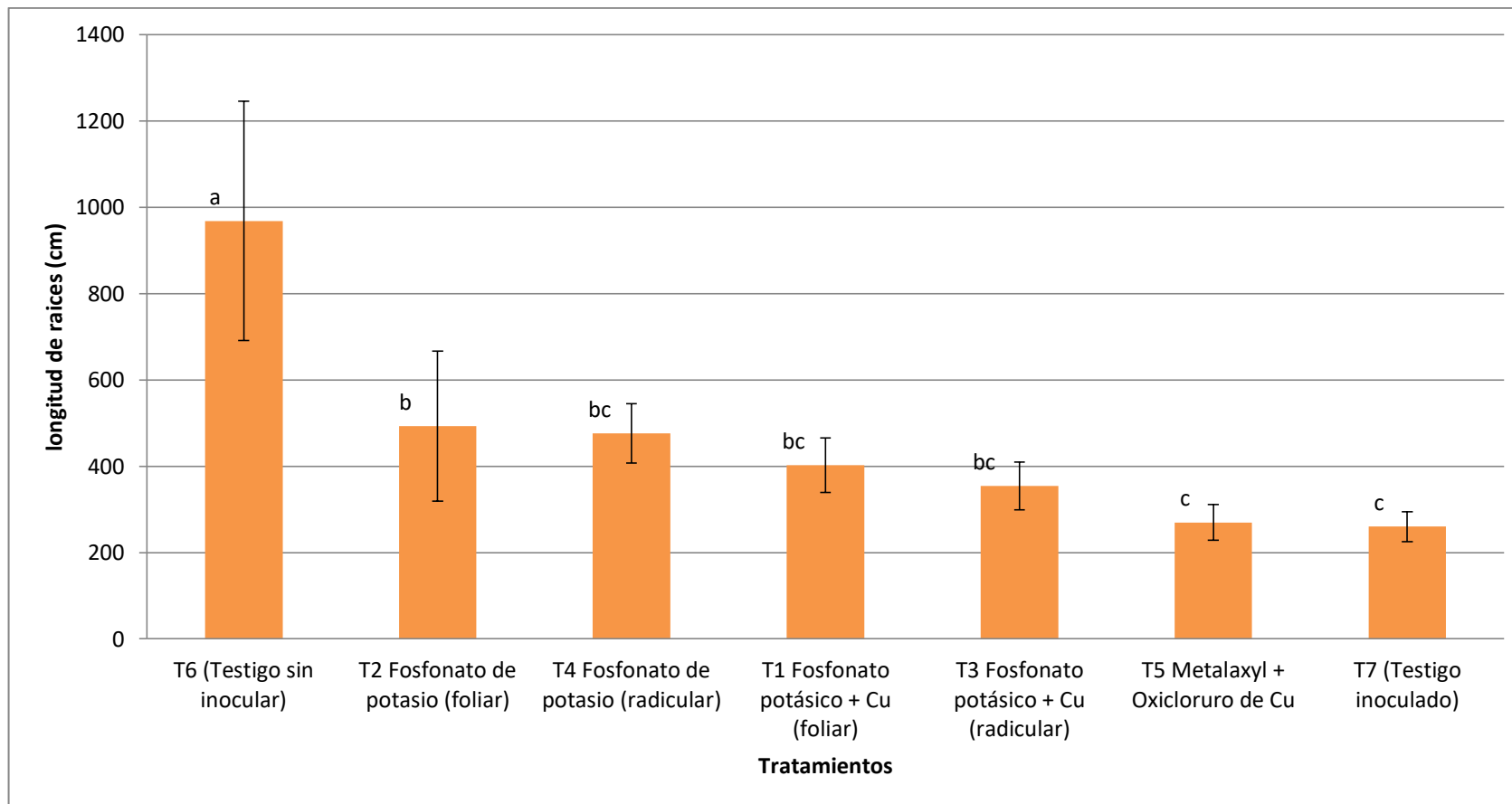


FIGURA N° 15: Promedio de longitud de raíz (cm.) en la prueba en invernadero para el control preventivo de *Phytophthora cinnamomi* bajo los diferentes tratamientos.

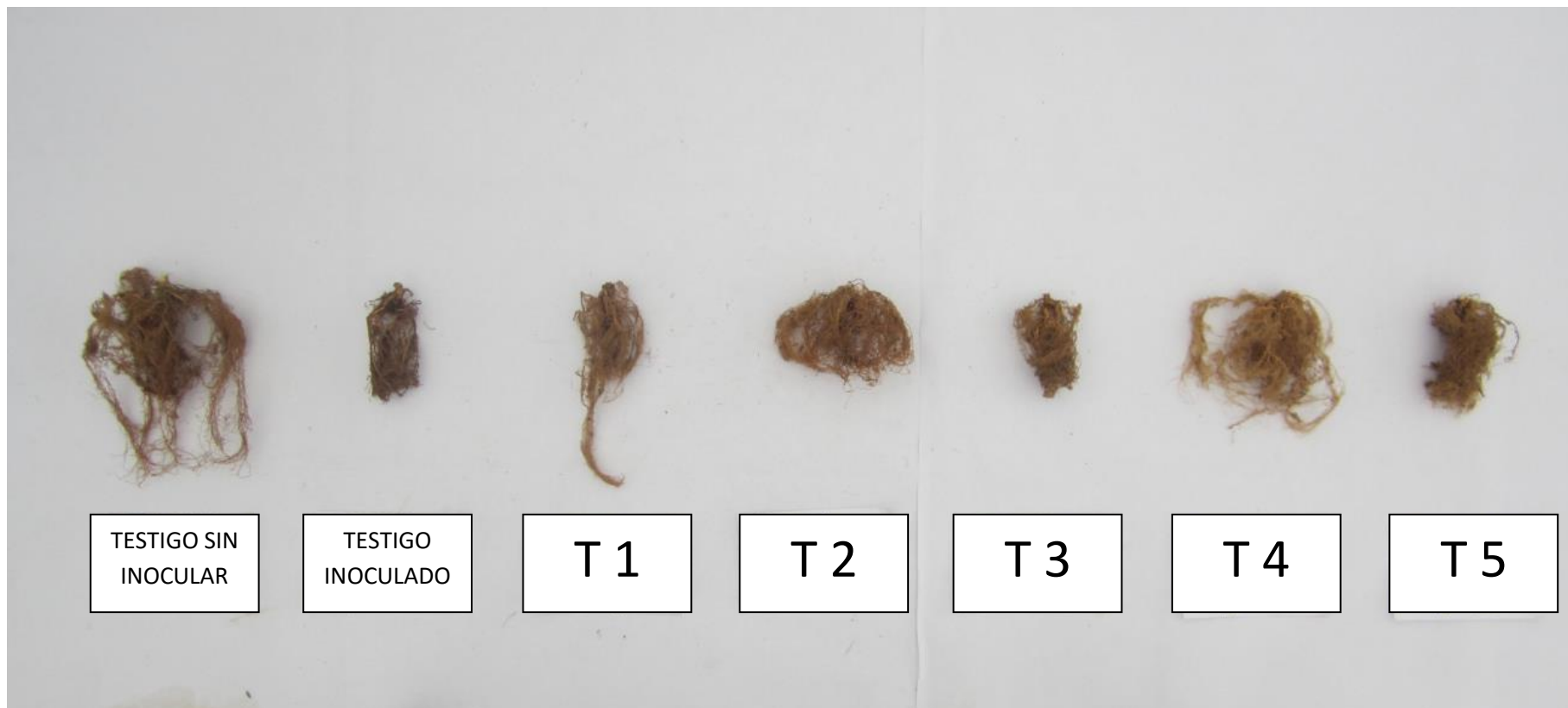


FIGURA N° 16: Comparativo de raíz entre los tratamientos al termino del trabajo experimental en la prueba de alternativas de control preventivo con el uso de fosfitos en el cultivo de arándanos (*Vaccinium corymbosum*) Cv. Biloxi a la inoculación con *Phytophthora cinnamomi*.

#### 6.2.8. PORCENTAJE DEL DAÑO A LA RAIZ:

En el cuadro 11 se presentan los resultados de la evaluación realizada para el porcentaje de daño de la raíz al término del ensayo experimental.

El análisis de variancia (anexo 9) nos indica diferencias significativas entre los promedios de los tratamientos. Observándose que el testigo sin inocular y los fosfitos disminuyeron el porcentaje de raíz infestada. En la figura se observa el efecto de los tratamientos sobre las plantas de arándano.

Al realizarse la prueba de tukey ( $\alpha=0.05$ ), se observa que los mejores tratamientos comparados con el testigo para el control de *Phytophthora cinnamomi* bajo condiciones de invernadero lo constituyen los tratamientos: testigo sin inocular (65.7%), Metalaxyl + Oxiclورو de Cu (56.4%), Fosfonato potásico + Cu (radicular) (49.7%), Fosfonato potásico + Cu (foliar) (39.1%) Fosfonato de potasio (foliar) (25.4%) Fosfonato de potasio (radicular) (14.0%), testigo inoculado (6.8%).

Los fosfitos son compuestos resultantes de la reacción del ácido fosforoso con iones de metales alcalinos como el K, Ca, Mg y Na, considerados como fuente importante de nutrimentos para los cultivos. Los fosfitos de potasio monobásico ( $\text{KH}_2\text{PO}_3$ ) y dibásico ( $\text{K}_2\text{HPO}_3$ ) se caracterizan por ser más solubles en agua y móviles en la planta, tanto en sentido ascendente como descendente, que los fosfatos ( $\text{PO}_4$ ), el fosfito de potasio pertenece al grupo químico de los fosfonatos, categoría toxicológica III de bajo impacto ambiental; por lo que la aplicación de tratamiento de fosfito de potasio es inocua al hombre, a los animales y al ambiente (Velandia et al., 2012), Conociendo estas ventajas Thizy y colaboradores. (1997), al evaluar el ácido fosforoso y los fosfitos como una fuente de fósforo en cítricos, descubrieron la eficiencia del fosfito de potasio en el control de *Phytophthora palmivora*, agente causal de la gomosis de los cítricos. Con base en este descubrimiento, el fosfito de potasio fue patentado por los mismos investigadores como fungicida para el control de pseudohongos de la clase Oomycetes. A partir de entonces, diferentes trabajos han confirmado la eficiencia del fosfito de potasio en el control de esta clase de fitopatógenos en diferentes cultivos como *P. sparsa* en rosa (Chavarro et al 2014) y zarzamora (Rebollar et al., 2012), *Phytophthora infestans* (Machinandiarena et al., 2012) en papa y *P. destructor* en cebolla (Velandia et al., 2012).

La eficiencia del fosfito de potasio en el control de fitopatógenos de la clase Oomycetes es atribuida a un efecto directo e indirecto. Directamente, la incorporación de fosfito en el medio de cultivo tuvo un efecto fungicida al restringir el crecimiento e inhibir la esporulación de *Pythium* (Lobato *et al.*, 2007) y la aplicación de fosfitos a la base de las plantas en lupino (*Lupinus angustifolius* L. "Unicrop") las protegió del ataque de *Phytophthora cinnamomi* (Rands), en tabaco (*Nicotiana tabacum* Linneo. Hicks) de *P. nicotianae* y en papaya (*Carica papaya* Tourn. ex L) de *P. palmivora* (Smillie *et al.*, 1989). Indirectamente, el fosfito de potasio ha sido considerado como un inductor de la Resistencia Sistémica Adquirida (SAR), la cual consiste en un mecanismo natural desarrollado por las plantas para defenderse del ataque de microorganismos fitopatógenos y de insectos plaga (Daniel *et al.*, 2005). En la planta el fosfito de potasio es disociado en las formas de ácido fosforoso ( $H_3PO_3$ ) y K; el ácido fosforoso al ser reconocido por la planta como un metabolito del patógeno, activa los mecanismos de defensa estimulando la producción de fitoalexinas, las cuales son reconocidas por sus propiedades biocidas contra diferentes grupos de agentes causales de enfermedades de la clase Oomycetes, Hyphomycetes (*Botrytis cinerea*) y Agonomycetes (*Rhizoctonia solani*) (Kofoet *et al.*, 2007).

El tratamiento Metalaxyl + Oxiclورو de Cu presento un porcentaje de daño a la raíz alto. Por tanto, parece que el fungicida no ha logrado mejorar el desarrollo de la planta, o si lo ha hecho, no ha resultado eficaz mente el ataque de *P. cinnamomi*. Se reportan que algunas cepas de *P. capsici* desarrollar resistencia al Metalaxyl (Caffey y Bower, 1984). De ahí la necesidad de desarrollar otras estrategias para el control de fitopatógenos.

CUADRO N° 11: Promedios de porcentaje de raíz enferma (%), para la prueba de alternativas de control preventivo con el uso de fosfitos en el cultivo de arándano (*Vaccinium corymbosum*) va. Biloxi. A la inoculación con *Phytophthora cinnamomi*. La

Molina – Lima. 2014

TRATAMIENTOS		PORCENTAJE DEL DAÑO DE LA RAIZ (%)	
T7	Testigo inoculado	65.714	a
T5	Metalaxyl + Oxiclورو de Cu	56.429	a
T3	Fosfonato potásico + Cu (radicular)	49.714	ab
T1	Fosfonato potásico + Cu (foliar)	39.143	bc
T2	Fosfonato de potasio (foliar)	25.429	cd
T4	Fosfonato de potasio (radicular)	14.000	de
T6	Testigo sin inocular	6.857	e

C.V.: 28.62

Cme: 108.67



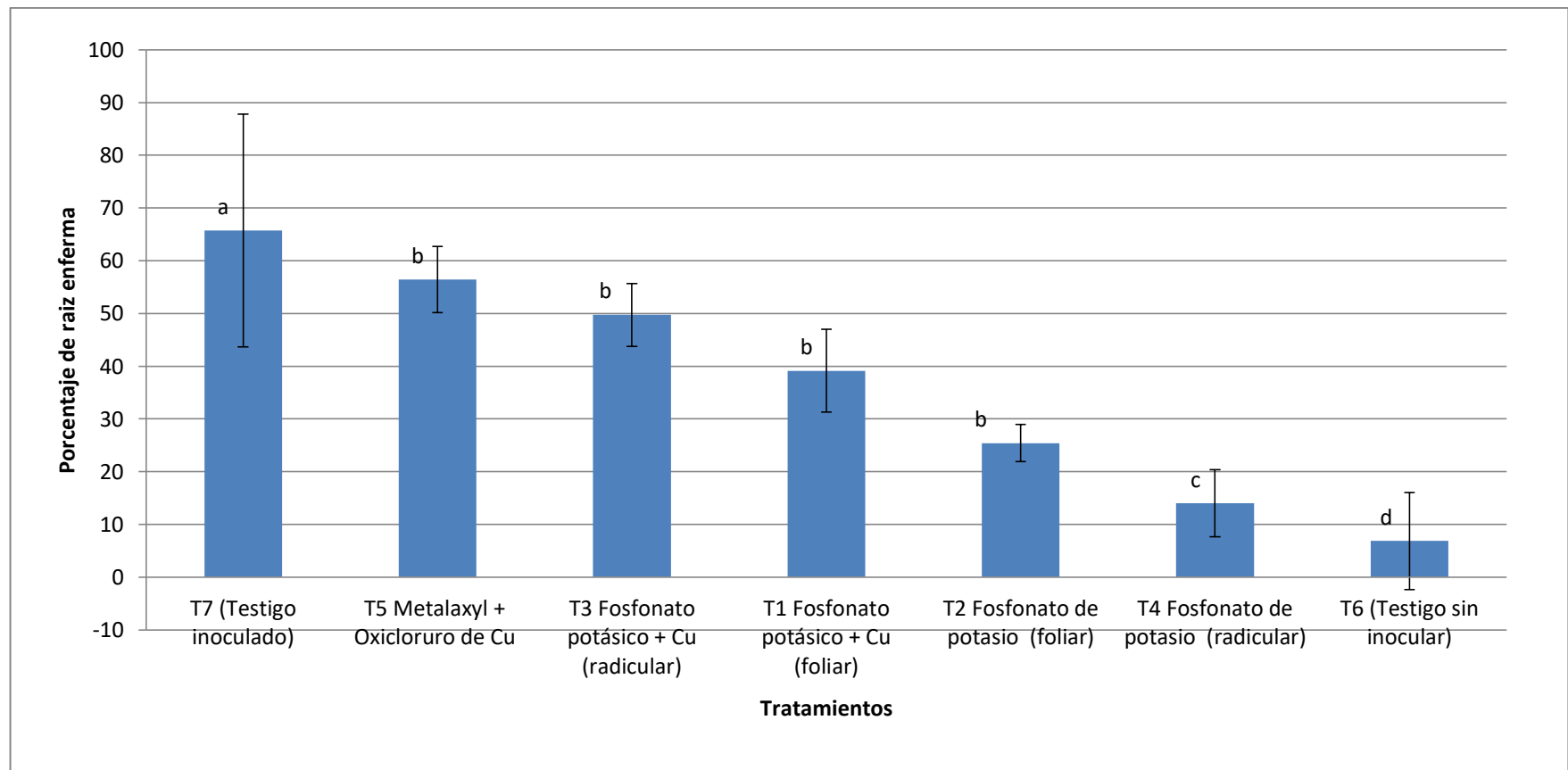


FIGURA N° 17: Promedio de daño de la raíz (%) en la prueba en invernadero para el control preventivo de *Phytophthora cinnamomi* bajo los diferentes tratamientos.

## VII. CONCLUSIONES

De acuerdo a las condiciones en las que se desarrolló el trabajo de investigación se concluye que:

1. Los mejores tratamientos en el control del crecimiento micelial de *P. cinnamomi* en la prueba *in vitro* fueron: Fitopron (Fosfonato de potasio) (2.5<sup>0</sup>/<sub>00</sub>) y Vacomil plus 50 (Metalaxyl + Oxiclóruo de Cu) (1/<sub>00</sub>)
2. Los tratamientos que mejor control tuvieron en la pudrición radicular ocasionada por *Phytophthora cinnamomi* en arándanos Cv. Biloxi, fueron: Fitopron (Fosfonato de potasio) a nivel radicular y foliar, seguido por Fosfalexin Cu (Fosfonato potásico + Cu), pero ninguno supero al testigo sin inocular.
3. Los parámetros de evaluación que mejor permiten visualizar diferencias en el control de *Phytophthora cinnamomi* en arándanos Cv. Biloxi, fueron: % de daño de la raíz, longitud de raíz y peso seco.

## VIII. RECOMENDACIONES

De acuerdo a las condiciones en las que se desarrolló el trabajo de investigación se recomienda lo siguiente:

1. Realizar el ensayo de uso de fosfitos en la prevención de *Phytophthora cinnamomi* con los mismos tratamientos bajo condiciones de parcelas experimentales que se asemejen a un campo comercial de arándano (*Vaccinium corymbosum*) cv. biloxi.

## IX. BIBLIOGRAFIA:

1. AGRO NEGOCIOS (2014).
2. AGRIOS, G. 2002. Fitopatología. 2da. Edición. Editorial Limusa. M exico.p. 310-317
3. ALVARES, pablo. Garcia, Romulo. Mora, Martha, Salgado, Martha. Y Gonzalez, Justino. 2013. Fosfitos de potasio como alternativas de manejo del mildi velloso del rosal (*Rosa spp*). Universidad Autonoma del Estado de Mexico.
4. BENDER, GRAY; Menge, Jhon y Arpaia, Mary. 2012. Avocado rooststocks. In Avocado production in California a cultural handbook for growers (series book One-Background information). Bender, Garay; Arpaia, M; Francis, L; Menge, J; Shepherd, J; Smothers, V. Publication The University of California; Cooperative extension, San Diego County and The California Avocado Society, supported by the California Avocado Commission. Second edition. P 20-30.
5. BOWEN, D. 1986. Análisis agroclimático de Chile como productor potencial de arándanos o blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.) y arándanas ocranberries (*Vaccinium macrocarpon*) y sus posibilidades en el mercado externo. Tesis. Universidad de Chile. Escuela de Agronomía. 279 p
6. BUZETA, A. 1997. Chile: Berries para el 2000. Santiago, Fundación Chile. 133p
7. CHAVARRO-CARRERO, E.A., GARCÍA-VELASCO, R., GONZÁLEZ-DÍAZ, J.G., GONZÁLEZ-CEPEDA, L.E. Y JIMÉNEZ-ÁVILA, L.J. 2014. Uso del fosfito de potasio para el manejo de *Peronospora sparsa* en *Rosa spp*. Revista Colombiana de Fitopatología 36(2). En prensa.

8. DANIEL, R. AND GUEST, D. 2005. Defence responses induced by potassium phosphonate in *Phytophthora palmivora* challenged *Arabidopsis thaliana*. *Physiological and Molecular Plant Pathology* 67(3-5): 194-201.
9. DAVIDSE, L.C.; LOOIJEN, D.; TURKENSTEEN, L.J. ; VAN DER. WAL, D. 1981. Occurrence of metalaxyl-resistant strains of *Phytophthora infestans* in Dutch potato fields. *Netherlands Journal of Plant Pathology* 87:65-68.
10. DOWLEY, L.J.; O' SULLIVAN, E. 1981. Metalaxyl-resistant strains of *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary in Ireland. *Potato Research* 24:417-421
11. ERWIN, DONALD C Y RIBEIRO OLAF K. 1996. *Phytophthora cinnamomi* Rands (1922) var. *Cinnamomi*. *Phytophthora diseases worldwide*. P.269-276.
12. FERREYRA, R; PERALTA, J; SADZAWKA, A; MUÑOZ, A; VALENZUELA, J.2001. Efecto de la Acidificación del Sustrato y del Agua de Riego en la Nutrición, Desarrollo y Producción del Arándano Ojo de Conejo (*Vaccinium ashei* reade). *Agricultura Técnica*. 61(4):452-458.
13. FENN, M.E. AND M. D. COFFEY. 1989. Quantification of phosphonate and ethyl phosphonate in Tabaco and tomato tissues and significance for the mode of action of two phosphonate fungicides. *Phytopathology* 79: 76-82 pp.
14. GOUGH, R; SHUTAK, V. 1978. Anatomy and Morphology of Cultivated Highbush Blueberry. *Univer. R.I. Agr. Exp. Sta. Bull.* 423p.
15. HUAMANI APAZA, GUILLERMO. 2007. Resistencia de *Capsicum* spp. a *Phytophthora capsici* león y ensayo de control con inducotes químicos de resistencia. Tesis Magister scientiae. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima- Peru. P.11-13.
16. KOFOET, A. AND FISCHER, K. 2007. Evaluation of plant resistance improvers to control *Peronospora destructor*, *P. parasitica*, *Bremia lactucae* and

- Pseudoperonospora cubensis. Journal of Plant Disease and Protection 114(2): 54-61.
17. LARA CHAVEZ, MA. BLANCA NIEVES. 2008. Variabilidad fenotípica y patogénica de *Phytophthora cinnamomi* Rands en la franja aguacatera de Michoacahan, Mexico. Tesis doctoral. Universidad Autonoma de Nayarit. Mexico.p 4-10.
  18. LEAL, J.M.; CASTAÑO,J.; BOLAÑOS, M.M. (2014). manejo de la pudrición radical (*phytophthora cinnamomi* rands) del aguacate (*persea americana* linneo)
  19. Lobato, M.C., Olivieri, F.P., González, A.E.A., Wolski, E.A., Daleo, G.R., Caldiz, D.O. and Andreu, A.B. 2008. Phosphite compounds reduce disease severity in potato seed tubers and foliage. Eur. J. Plant Pathol. 122: 349-358.
  20. Machinandiaarena, M., Lobato, M., Feldman, M., Daleo, G. and Andreu, A. 2012. Potassium phosphite primes defense responses in potato against *Phytophthora infestans*. Journal of Plant Physiology 169: 1417-1424.
  21. MEDEL, F. 2005. Arándanos: nuevos cultivares y selecciones clonales para el mercado de madurez tardía. . In: Ciclo de seminarios frutícolas de actualización técnico comercial. Berries: Arándanos–Frambuesas. Asociación de Exportadores de Chile A. G. Santiago (Chile). 7 p.
  22. MIRCETICH, S. M; ZENTMYER, G. A. 1967. Existence of *Phytophthora cinnamomi* as chlamydospores and oospores in roots and soil. California Avocado society. 51: 117-124.
  23. MUÑOZ, C. 1988. Arándano: Antecedentes Generales. Instituto de Investigación Agropecuaria. Seminario: El cultivo del Arándano. Temuco, 30 de Noviembre y 1 y 2 de Diciembre de 1988. pp 5-13.

24. OCHOA, J. (2009). Desarrollando principios de manejo del tizon tardío de la papa en el Ecuador.
25. PANTOJA, N. R. 1994. *Phytophthora capsici* Leon características morfológicas y culturales su efecto sobre tres cultivares de *Capsicum*, Control químico y con *Trichoderma viride* Pers. Tesis magister scientiae. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima. 91p
26. PLM®. 2012. DEAQ. Diccionario de especialidades agroquímicas. Edición 22. 1.283p.
27. Pro Chile . Información comercial. Estudio de Mercado de arándano frescos para el Mercado coreano 2012. Pag. 11
28. PRITTS, M; HANCOCK, J. 1992. *Highbush Blueberry Production Guide*. New York, Northeast Regional Agricultural Engineering Service. 200p.
29. QUIMICA SUIZA, 2004. Kalex. Información técnica. Lima – Peru. 6 pags.
30. REBOLLAR, A.A., SILVA, R.H., LÓPEZ, C.I., BOYZO, M. AND ELLIS, M.A. 2012. Fungicide sprays programs to manage downy mildew (dryberry) of blackberry caused by *Peronospora sparsa*. *Crop Protection* 42: 49-55.
31. RIVEROS, C. 1996. Respuesta del Arándano Alto (*Vaccinium corymbosum* L.) de Tercer Año al Nivel de Agua Aplicado Bajo Riego por Goteo y Microyeto. Tesis Ing. Agr. Chillan, Universidad de Concepción, Facultad de Agronomía..
32. ROUHIER, P., BRUNETEAU, M PIVOT, V., BOMPEIST, G. and G. MICHEL. 1993. Effect of phosphonate on the composition of the mycelial Wall of *Phytophthora capsici*. *Phytochemistry*, vol. 32, N° 6. 1407- 1410 pp
33. SCHWIN Y MARGOT, 1991; Aventis Cropscience Peru, 2000 y Quimica suiza, 2001.

34. SERIDA, 2013. García Rubio, Juan Carlos; García Gonzales de Lena, Guillermo. Servicio Regional de investigación y desarrollo. Orientación para el cultivo de arándano. Ministerio de medio ambiente, medio rural y marino.
35. SIERRA EXPORTADORA. ARANDANOS 2013.  
<http://www.sierraexportadora.gob.pe/productos/catalogo-de-productos/arandano/>
36. SIMPFENDORFER, C. 1995. Análisis de los Parámetros Fisiológicos, Vegetativos y Productivos en Arándano Alto (*Vaccinium corymbosum* L.) de Cuarto Año, Bajo Riego por Goteo y Microjet. Tesis Ing. Agr. Chillan, Universidad de Concepción, facultad de Agronomía. 75p.
37. SMILLIE, R., GRANT B.R. AND GUEST D. 1989. The mode of action of phosphite: Evidence for both direct and indirect modes of action on three *Phytophthora* spp. in plants. *Phytopathology* 79(9): 921-926
38. SOTO, R. 1993. Efecto de las Características Físicas y Químicas de Diferentes Mezclas de Sustratos en el Crecimiento de Arándanos en Maceta. Tesis Ing. Agr. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. 64p.
39. SUDZUKI, F. 2002. Cultivo de frutales menores. Editorial Universitaria. Santiago. 184p
40. Thizy, A. Pillon, D., Debourge J.C. and Lacroix, G. 1997. Fungicidal compositions containing phosphorous acid and derivates thereof. US PATENT 4119724. En: <http://www.patentstorm.us/patents/4119724/description.html>



41. Velandia-Monsalve, J., Viteri-Rosero, S.E., Rubio-Cárdenas, N.J. y Tovar-Duarte, F.O. 2012. Efectos del Fosfito de Potasio en combinación con el fungicida metalaxil+mancozeb en el control de mildew velloso (*Peronospora destructor* Berk.) en cebolla de bulbo (*Allium cepa* L.). *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín* 65(1): 6317-6325
42. VALENZUELA, J. 1988. Requerimientos Agroclimáticos de las Especies de Arándano. Instituto de Investigación Agropecuaria. Seminario: El cultivo del Arándano. Temuco, 30 de Noviembre y 1 y 2 de Diciembre de 1988. pp 17-23.

[.http://www.indap.gob.cl/extras/estrategias-por-rubros-2005/5region/3Arandanos-Produccion.Mercado.pdf](http://www.indap.gob.cl/extras/estrategias-por-rubros-2005/5region/3Arandanos-Produccion.Mercado.pdf)

## X. ANEXOS

### A. Anexo N° 1

ANVA y Prueba de tukey para datos del octavo día de crecimiento micelial (cm) de *P. cinnamomi* bajo los diferentes tratamientos.

#### ANALISIS DE VARIANCIA

Fuente de Variabilidad	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F.T. (0.05)	N.S.
Tratamiento	5	198.35	39.67	331.65	<.0001	*
Error Exp.	18	2.15	0.20			
Total	23	200.50				
C.V. : 14.8						

\*Existen diferencias significativas a nivel 0.05 entre los promedios de los tratamientos.

N.S.: Nivel de Significación

#### PRUEBA DE TUKEY

Tratamientos		Promedio	Significación	Orden de mérito
T6	Testigo	8.4	a	1
T1	Fosfonato potásico + Cu 1/1000	2.61	b	2
T2	Fosfonato potásico + Cu 2.5/1000	1.99	b	2
T3	Fosfonato de potasio 1/1000	1.03	c	3
T5	Metalaxyl + Oxicloruro de Cu 1/1000	0.0	d	4
T4	Fosfonato de potasio 2.5/1000	0.0	d	4

Letras iguales indican diferencias no significativas a nivel de 0.05

## B Anexo N° 2

ANVA y Prueba de Tukey para la variable altura de planta (cm) bajo los diferentes tratamientos

### ANALISIS DE VARIANCIA

Fuente de Variabilidad	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F.T. (0.05)	N.S.
Tratamiento	6	1613.55	268.92	4.11	0.0025	*
Error Exp.	42	2745.59	65.37			
Total	48	4359.14				
C.V. : 16.89						

\*Existen diferencias significativas a nivel 0.05 entre los promedios de los tratamientos.

N.S.: Nivel de Significación

### PRUEBA DE TUKEY

Tratamientos		Promedio	Significación	Orden de mérito
T2	Fosfonato de potasio (foliar)	54.229	a	1
T4	Fosfonato de potasio (radicular)	52.8	a	1
T5	Metalaxyl + Oxidloruro de Cu	50.614	a	1
T3	Fosfonato potásico + Cu (radicular)	50.386	a	1
T6	Testigo sin inocular	47.129	ab	2
T1	Fosfonato potásico + Cu (foliar)	43.457	ab	2
T7	Testigo inocular	36.386	b	3

Letras iguales indican diferencias no significativas a nivel de 0.05

### C Anexo N° 3

ANVA y Prueba de Tukey para la variable diámetro de tallo (mm) bajo los diferentes tratamientos

#### ANALISIS DE VARIANCIA

Fuente de Variabilidad	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F.T. (0.05)	N.S.
Tratamiento	6	0.039	0.006	0.46	0.83	*
Error Exp.	42	0.89	0.013			
Total	48	0.63				
C.V. : 23.74						

\*Existen diferencias significativas a nivel 0.05 entre los promedios de los tratamientos.

N.S.: Nivel de Significación

#### PRUEBA DE TUKEY

Tratamiento		Promedio	Significación	Orden de mérito
T2	Fosfonato de potasio (foliar)	0.532	a	1
T6	Testigo sin inocular	0.515	a	1
T3	Fosfonato potásico + Cu (radicular)	0.508	a	1
T4	Fosfonato de potasio (radicular)	0.506	a	1
T5	Metalaxyl + Oxicloruro de Cu	0.502	a	1
T1	Fosfonato potásico + Cu (foliar)	0.486	a	1
T7	Testigo inoculado	0.436	a	1

Letras iguales indican diferencias no significativas a nivel de 0.05

## D Anexo N° 4

ANVA y Prueba de Tukey para la variable peso fresco foliar (gr.) bajo los diferentes tratamientos

### ANALISIS DE VARIANCIA

Fuente de Variabilidad	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F.T. (0.05)	N.S.
Tratamiento	6	302.85	50.47	3.13	0.0125	*
Error Exp.	42	676.63	16.11			
Total	48	979.48				
C.V. : 25.03						

\*Existen diferencias significativas a nivel 0.05 entre los promedios de los tratamientos.

N.S.: Nivel de Significación

### PRUEBA DE TUKEY

Tratamientos		Promedio	Significación	Orden de merito
T4	Fosfonato de potasio (radicular)	20.537	a	1
T5	Metalaxyl + Oxicloruro de Cu	17.706	ab	2
T6	Testigo sin inocular	16.820	ab	2
T2	Fosfonato de potasio (foliar)	15.989	ab	2
T1	Fosfonato potásico + Cu (foliar)	14.777	ab	2
T3	Fosfonato potásico + Cu (radicular)	14.226	ab	2
T7	Testigo inocular	12.197	b	3

Letras iguales indican diferencias no significativas a nivel de 0.05

## E Anexo N° 5

ANVA y Prueba de Tukey para la variable peso fresco radicular (gr.) bajo los diferentes tratamientos

### ANALISIS DE VARIANCIA

Fuente de Variabilidad	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F.T. (0.05)	N.S.
Tratamiento	6	11.09	1.85	4.49	0.0013	*
Error Exp.	42	17.29	0.41			
Total	48	28.38				
C.V. : 25.92						

\*Existen diferencias significativas a nivel 0.05 entre los promedios de los tratamientos.

N.S.: Nivel de Significación

### PRUEBA DE TUKEY

Tratamientos		Promedio	Significación	Orden de mérito
T6	Testigo sin inocular	3.374	a	1
T4	Fosfonato de potasio (radicular)	2.894	ab	2
T2	Fosfonato de potasio (foliar)	2.431	abc	3
T5	Metalaxyl + Oxiclورو de Cu	2.403	abc	3
T1	Fosfonato potásico + Cu (foliar)	2.33	bc	4
T3	Fosfonato potásico + Cu (radicular)	2.089	bc	4
T7	Testigo inoculado	1.831	c	5

Letras iguales indican diferencias no significativas a nivel de 0.05

## F Anexo N° 6

ANVA y Prueba de Tukey para la variable peso seco foliar (gr.) bajo los diferentes tratamientos

### ANALISIS DE VARIANCIA

Fuente de Variabilidad	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F.T. (0.05)	N.S.
Tratamiento	6	26.32	4.39	1.85	0.11	*
Error Exp.	42	99.49	2.37			
Total	48	125.81				
C.V. : 25.93						

\*Existen diferencias significativas a nivel 0.05 entre los promedios de los tratamientos.

N.S.: Nivel de Significación

### PRUEBA DE TUKEY

Tratamientos		Promedio	Significación	Orden de mérito
T4	Fosfonato de potasio (radicular)	7.051	a	1
T6	Testigo sin inocular	6.809	a	1
T2	Fosfonato de potasio (foliar)	6.083	a	1
T5	Metalaxyl + Oxiclورو de Cu	5.900	a	1
T1	Fosfonato potásico + Cu (foliar)	5.497	a	1
T3	Fosfonato potásico + Cu (radicular)	5.360	a	1
T7	Testigo inculado	4.837	a	1

Letras iguales indican diferencias no significativas a nivel de 0.05

## G. Anexo N° 7

ANVA y Prueba de Tukey para la variable peso seco radicular (gr.) bajo los diferentes tratamientos

### ANALISIS DE VARIANCIA

Fuente de Variabilidad	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F.T. (0.05)	N.S.
Tratamiento	6	3.09	0.52	4.57	0.0012	*
Error Exp.	42	4.75	0.11			
Total	48	7.85				
C.V. : 26.15						

\*Existen diferencias significativas a nivel 0.05 entre los promedios de los tratamientos.

N.S.: Nivel de Significación

### PRUEBA DE TUKEY

Tratamiento		Promedio	Significación	Orden de mérito
T6	Testigo sin inocular	1.820	a	1
T4	Fosfonato de potasio (radicular)	1.363	ab	2
T2	Fosfonato de potasio (foliar)	1.354	ab	2
T5	Metalaxyl + Oxicloruro de Cu	1.229	b	3
T1	Fosfonato potásico + Cu (foliar)	1.163	b	3
T3	Fosfonato potásico + Cu (radicular)	1.086	b	3
T7	Testigo inoculado	0.989	b	3

Letras iguales indican diferencias no significativas a nivel de 0.05



## H. Anexo N° 8

ANVA y Prueba de Tukey para la variable longitud de raíz (cm.) bajo los diferentes tratamientos

### ANALISIS DE VARIANCIA

Fuente de Variabilidad	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F.T. (0.05)	N.S.
Tratamiento	6	2452986.5	408831.080	23.55	<.0001	*
Error Exp.	42	729179.2	17361.408			
Total	48	3182165.6				
C.V. : 28.62						

\*Existen diferencias significativas a nivel 0.05 entre los promedios de los tratamientos.

N.S.: Nivel de Significación

### PRUEBA DE TUKEY

Tratamientos		Promedio	Significación	Orden de mérito
T6	Testigo sin inocular	968.35	a	1
T2	Fosfonato de potasio (foliar)	492.33	b	2
T4	Fosfonato de potasio (radicular)	476.12	bc	3
T1	Fosfonato potásico + Cu (foliar)	402.28	bc	3
T3	Fosfonato potásico + Cu (radicular)	354.04	bc	3
T5	Metalaxyl + Oxiclورو de Cu	269.70	c	4
T7	Testigo inoculado	260.16	c	4

Letras iguales indican diferencias no significativas a nivel de 0.05

## I. Anexo N° 9

ANVA y Prueba de Tukey para la variable porcentaje de daño radicular (cm.) bajo los diferentes tratamientos

### ANALISIS DE VARIANCIA

Fuente de Variabilidad	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F.T. (0.05)	N.S.
Tratamiento	6	20575.06	3429.17	31.56	<.0001	*
Error Exp.	42	4564.00	108.67			
Total	48	25139.06				
C.V. : 28.62						

\*Existen diferencias significativas a nivel 0.05 entre los promedios de los tratamientos.

N.S.: Nivel de Significación

### PRUEBA DE TUKEY

Tratamientos		Promedio	Significación	Orden de mérito
T7	Testigo inoculado	65.714	a	1
T5	Metalaxyl + Oxiclورو de Cu	56.429	a	1
T3	Fosfonato potásico + Cu (radicular)	49.714	ab	2
T1	Fosfonato potásico + Cu (foliar)	39.143	bc	3
T2	Fosfonato de potasio (radicular)	25.429	cd	4
T4	Fosfonato de potasio (foliar)	14.000	de	5
T6	Testigo sin inocular	6.857	e	6

Letras iguales indican diferencias no significativas a nivel de 0.05

J. ANEXO: 10

Datos originales de la prueba *in vitro* del diámetro de desarrollo micelial (cm) de *P cinnamomi* a 25 °C bajo los diferentes tratamientos

Tratamientos	Día	Desarrollo micelial (cm)				Pro.
		Repeticiones				
		1	2	3	4	
Fosfonato potásico + Cu 1/1000	1	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0
	6	2	1.8	1.475	1.875	1.7875
	7	2.325	2.1	1.475	2.25	2.0375
	8	3.125	2.875	1.475	2.975	2.6125
Fosfonato potásico + Cu 2.5/1000	1	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0
	6	1.625	1.275	1.75	1.425	1.51875
	7	1.925	1.425	1.875	1.625	1.7125
	8	2.375	1.6	2.125	1.85	1.9875
Fosfonato de potasio 1/1000	1	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0
	6	1.075	1.1	1.125	0.825	1.03125
	7	1.075	1.1	1.125	0.825	1.03125
	8	1.075	1.1	1.125	0.825	1.03125
Fosfonato de potasio 2.5/1000	1	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0
	6	0	0	0	0	0
	7	0	0	0	0	0
	8	0	0	0	0	0
Metalaxyl + Oxiclورو de Cu 1/1000	1	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0
	6	0	0	0	0	0
	7	0	0	0	0	0
	8	0	0	0	0	0
Testigo	1	0	0	0	0	0
	3	3.525	3.325	3.85	3.725	3.60625
	6	6.7	6.55	6.85	6.25	6.5875
	7	7.25	7.575	7.875	7.325	7.50625
	8	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4

K. ANEXO: 11

Datos originales de la prueba de invernadero para la variable altura de planta (cm).

TRATAMIENTO	REPETICIONES	ALTURA DE PLANTA						
		16/10/2014	30/10/2014	06/11/2014	13/11/2014	20/11/2014	27/11/2014	15/12/2014
T1 (Fosfonato potásico + Cu foliar)	PL1	33	33	33	33.3	33.6	33.6	33.7
	PL2	26.5	28.5	29.2	29.2	30	31	38.2
	PL3	25	29.5	30	30.6	30.7	36.5	48.5
	PL4	39	39.7	39.7	39.9	42	45.3	50.7
	PL5	36.5	41.3	42	42	42	42	46
	PL6	30	30.5	31	31	31.7	31.7	40.3
	PL7	22	23.5	26.8	30.5	21.7	34.7	46.8
	Promedio	30.2857143	32.2857143	33.1	33.7857143	33.1	36.4	43.4571429
T2 (Fosfonato de potasio foliar)	PL1	21	24.4	24.4	25.6	33.3	39.1	45
	PL2	24	29	30	30.5	30.5	30.5	32.5
	PL3	19	22	24.3	27	30	36.5	45
	PL4	35.5	47.8	50.8	55.7	59.2	60	60
	PL5	26.5	30.7	34	35.1	35.3	42	67.3
	PL6	34.5	55.3	59	61	62	63.8	66
	PL7	44	45	47	47.4	50.5	58.1	63.8
	Promedio	29.2142857	36.3142857	38.5	40.3285714	42.9714286	47.1428571	54.2285714

T3 (Fosfonato potásico + Cu radicular)	PL1	38.2	41.3	41.5	44.4	47	47	47.9
	PL2	23.4	27.8	30	30.7	31	31	43.1
	PL3	26.8	29.3	30	30	31	33	51.8
	PL4	35.9	38	38	38.1	38.7	39	48.1
	PL5	14.6	18	24	26.4	28.8	33.2	43.6
	PL6	21.7	27.2	30	33.5	33.8	40	69.1
	PL7	23.4	30.2	33.4	34	34	36	49.1
	Promedio	26.2857143	30.2571429	32.4142857	33.8714286	34.9	37.0285714	50.3857143
T4 (Fosfonato de potasio radicular)	PL1	25.3	27.7	29	33.3	33.6	35.7	49.2
	PL2	27	27	27.5	28	28.5	31	54
	PL3	31.2	37.7	39.5	40	40	42.2	44.8
	PL4	29.6	32.7	33.4	35	37.3	41.3	52.3
	PL5	32.8	34.2	35	35	37.5	38	54
	PL6	38.7	39	40	40	40	41.6	55
	PL7	26.3	29.4	30	30.5	31	40	60.3
	Promedio	30.1285714	32.5285714	33.4857143	34.5428571	35.4142857	38.5428571	52.8
T5 (Metalaxyl + Oxicloruro de Cu)	PL1	17.5	22.5	26	28.7	30	36.5	49
	PL2	37.8	41	41.2	42	42	42	43
	PL3	23.6	27.2	30.1	32	32.5	33.8	44.2
	PL4	38.2	41.5	45	47.2	47.5	48.5	48.8
	PL5	40.1	43	43.2	45.5	46	52	52.4
	PL6	24.3	30.2	34.5	38.9	44.6	53.1	59.4
	PL7	19.8	21.1	23	28.9	31.4	34.1	57.5
	Promedio	28.7571429	32.3571429	34.7142857	37.6	39.1428571	42.8571429	50.6142857
T6 (testigo sin inocular)	PL1	43.6	45.5	46.3	47.2	48	49	56
	PL2	32.5	33.5	34.2	34.3	35	40	47.3
	PL3	26.4	31.2	31	36.6	40	45.2	59

	PL4	23	23.4	24	24.5	26	29	35.7
	PL5	26.8	27.8	28.5	28.5	30	32	43
	PL6	37.5	40.1	41.1	42.2	42.4	42.6	42.7
	PL7	28.5	32.3	33.5	33.5	34.7	35	46.2
	Promedio	31.1857143	33.4	34.0857143	35.2571429	36.5857143	38.9714286	47.1285714
T7(testigo inoculado)	PL1	30	31.7	32.5	32.5	32.5	32.5	38
	PL2	24.6	28.6	30.5	31.2	32	32	31
	PL3	24	26.8	27.5	28	28.5	29	45.5
	PL4	22.2	25.5	26.8	27.5	27.6	27.6	28.5
	PL5	30	30.3	31	31	31	31.4	32.5
	PL6	19.3	19.8	21.5	21.5	25	31	38.7
	PL7	32.7	34.1	34.7	34.8	35	35	40.5
	Promedio	26.1142857	28.1142857	29.2142857	29.5	30.2285714	31.2142857	36.3857143

L. ANEXO: 12

Datos originales de la prueba de invernadero para la variable diámetro de tallo (mm).

TRATAMIENTO	REPETICIONES	DIAMETRO						
		16/10/2014	30/10/2014	06/11/2014	13/11/2014	20/11/2014	27/11/2014	15/12/2014
T1 (Fosfonato potásico + Cu foliar)	PL1	0.38	0.395	0.42	0.48	0.52	0.58	0.725
	PL2	0.31	0.315	0.33	0.35	0.36	0.365	0.375
	PL3	0.4	0.405	0.41	0.435	0.475	0.5	0.52
	PL4	0.32	0.33	0.345	0.385	0.415	0.445	0.46
	PL5	0.355	0.365	0.375	0.4	0.425	0.445	0.53
	PL6	0.23	0.235	0.24	0.275	0.3	0.33	0.395
	PL7	0.225	0.24	0.25	0.285	0.325	0.355	0.4
	Promedio	0.31714286	0.32642857	0.33857143	0.37285714	0.40285714	0.43142857	0.48642857
T2 (Fosfonato de potasio foliar)	PL1	0.37	0.375	0.385	0.435	0.46	0.45	0.77
	PL2	0.37	0.375	0.375	0.415	0.475	0.485	0.65
	PL3	0.305	0.31	0.315	0.355	0.38	0.48	0.445
	PL4	0.4	0.415	0.435	0.46	0.46	0.49	0.51
	PL5	0.28	0.285	0.285	0.305	0.335	0.36	0.38
	PL6	0.34	0.37	0.395	0.4	0.42	0.615	0.665
	PL7	0.3	0.315	0.32	0.335	0.345	0.355	0.305
	Promedio	0.33785714	0.34928571	0.35857143	0.38642857	0.41071429	0.46214286	0.53214286

T3 (Fosfonato potásico + Cu radicular)	PL1	0.425	0.43	0.435	0.46	0.5	0.56	0.71
	PL2	0.29	0.295	0.3	0.325	0.35	0.35	0.38
	PL3	0.48	0.485	0.49	0.53	0.585	0.595	0.635
	PL4	0.235	0.255	0.27	0.285	0.3	0.3	0.47
	PL5	0.3	0.315	0.35	0.375	0.4	0.405	0.435
	PL6	0.205	0.29	0.375	0.4	0.435	0.45	0.46
	PL7	0.3	0.32	0.33	0.345	0.39	0.43	0.465
	Promedio	0.31928571	0.34142857	0.36428571	0.38857143	0.42285714	0.44142857	0.50785714
T4 (Fosfonato de potasio radicular)	PL1	0.325	0.34	0.35	0.375	0.4	0.515	0.55
	PL2	0.305	0.305	0.305	0.38	0.44	0.45	0.525
	PL3	0.4	0.425	0.43	0.455	0.49	0.515	0.6
	PL4	0.22	0.225	0.23	0.285	0.315	0.325	0.39
	PL5	0.32	0.35	0.38	0.41	0.445	0.455	0.53
	PL6	0.3	0.325	0.355	0.37	0.385	0.41	0.47
	PL7	0.23	0.3	0.35	0.395	0.435	0.455	0.475
	Promedio	0.3	0.32428571	0.34285714	0.38142857	0.41571429	0.44642857	0.50571429
T5 (Metalaxyl + Oxicloruro de Cu radicular)	PL1	0.28	0.29	0.295	0.32	0.35	0.4	0.43
	PL2	0.34	0.38	0.4	0.515	0.56	0.585	0.655
	PL3	0.33	0.355	0.39	0.43	0.465	0.535	0.555
	PL4	0.34	0.35	0.37	0.405	0.43	0.44	0.45
	PL5	0.295	0.3	0.305	0.315	0.33	0.35	0.405
	PL6	0.3	0.305	0.31	0.345	0.365	0.33	0.455
	PL7	0.275	0.35	0.46	0.495	0.52	0.53	0.565
	Promedio	0.30857143	0.33285714	0.36142857	0.40357143	0.43142857	0.45285714	0.50214286
T6 (testigo sin inocular)	PL1	0.28	0.305	0.335	0.37	0.4	0.435	0.465
	PL2	0.37	0.38	0.385	0.39	0.435	0.455	0.47
	PL3	0.375	0.385	0.4	0.46	0.525	0.58	0.7



	PL4	0.315	0.32	0.335	0.38	0.395	0.415	0.535
	PL5	0.23	0.26	0.29	0.315	0.34	0.375	0.445
	PL6	0.335	0.355	0.385	0.4	0.425	0.445	0.455
	PL7	0.355	0.36	0.375	0.435	0.48	0.51	0.535
	Promedio	0.32285714	0.33785714	0.35785714	0.39285714	0.42857143	0.45928571	0.515
T7 (testigo inoculado)	PL1	0.275	0.275	0.275	0.3	0.315	0.325	0.37
	PL2	0.26	0.265	0.265	0.275	0.285	0.31	0.35
	PL3	0.22	0.22	0.225	0.255	0.27	0.27	0.325
	PL4	0.305	0.335	0.445	0.47	0.5	0.61	0.655
	PL5	0.455	0.655	0.48	0.495	0.525	0.6	0.625
	PL6	0.355	0.355	0.355	0.355	0.355	0.355	0.375
	PL7	0.305	0.31	0.33	0.34	0.345	0.35	0.355
	Promedio	0.31071429	0.345	0.33928571	0.35571429	0.37071429	0.40285714	0.43642857

M. ANEXO: 13

Datos originales de la prueba de invernadero para la variable peso fresco foliar (gr).

TRATAMIENTOS		T1 Fosfonato potásico + Cu (foliar)	T2 Fosfonato de potasio (foliar)	T3 Fosfonato potásico + Cu (radicular)	T4 Fosfonato de potasio "radicular"	T5 Metalaxyl + Oxicloruro de Cu	T6 Testigo sin inocular	T7 testigo inoculado
REPETICIONES	PL1	15.76	13.12	18.56	19.74	13.12	20.3	13.98
	PL2	10.8	11.68	7.96	18.32	20.14	12.14	7.26
	PL3	13.24	14.72	16	22.32	11.92	15.68	13.56
	PL4	16.7	17.82	6.22	16.94	16.28	13.7	10.2
	PL5	16.44	18.78	10.72	22.7	25.8	16.92	11.14
	PL6	16.6	20.84	22.2	25.88	22.8	16.12	12.52
	PL7	13.9	14.96	17.92	17.86	13.88	22.88	16.72
PROMEDIOS		14.7771429	15.9885714	14.2257143	20.5371429	17.7057143	16.82	12.1971429

N. ANEXO: 14

Datos originales de la prueba de invernadero para la variable peso fresco radicular (gr).

TRATAMIENTOS		T1 Fosfonato potásico + Cu (foliar)	T2 Fosfonato de potasio (foliar)	T3 Fosfonato potásico + Cu (radicular)	T4 Fosfonato de potasio "radicular"	T5 Metalaxyl + Oxicloruro de Cu	T6 Testigo sin inocular	T7 testigo inoculado
REPETICIONES	PL1	3.36	2.86	1.82	3.9	2.46	3.82	2.96
	PL2	1.92	2.32	2	3.1	2.06	2.94	1.08
	PL3	1.8	2.76	2.18	3.08	1.82	2.12	2.5
	PL4	2.58	1.76	1.92	2.42	2.92	2.48	0.86
	PL5	2.66	2.5	2.16	2.42	3.44	4.02	1.46
	PL6	2.04	2.64	1.98	3.18	2.62	3.46	1.44
	PL7	1.76	2.18	2.56	2.16	1.5	4.78	2.52
PROMEDIOS		2.30285714	2.43142857	2.08857143	2.89428571	2.40285714	3.37428571	1.83142857

O. ANEXO: 15

Datos originales de la prueba de invernadero para la variable peso seco foliar (gr).

TRATAMIENTOS		T1 Fosfonato potásico + Cu (foliar)	T2 Fosfonato de potasio (foliar)	T3 Fosfonato potásico + Cu (radicular)	T4 Fosfonato de potasio "radicular"	T5 Metalaxyl + Oxicloruro de Cu	T6 Testigo sin inocular	T7 testigo inoculado
REPETICIONES	PL1	6.02	5.52	7.4	6.92	4.36	8.64	5.64
	PL2	3.9	4.42	3.02	6.06	6.88	4.8	3.2
	PL3	5.2	5.6	5.84	7.98	3.76	6.24	5.08
	PL4	6.28	6.48	2.76	5.66	5.36	5.14	4.08
	PL5	6.16	7.06	3.86	7.38	8.9	6.88	4.22
	PL6	6.14	7.4	8.38	9.02	7.68	6.12	4.78
	PL7	4.78	6.1	6.26	6.34	4.36	9.84	6.86
PROMEDIOS		5.49714286	6.08285714	5.36	7.05142857	5.9	6.80857143	4.83714286

P. ANEXO: 16

Datos originales de la prueba de invernadero para la variable peso seco radicular (gr).

TRATAMIENTOS		T1 Fosfonato potásico + Cu (foliar)	T2 Fosfonato de potasio (foliar)	T3 Fosfonato potásico + Cu (radicular)	T4 Fosfonato de potasio "radicular"	T5 Metalaxyl + Oxicloruro de Cu	T6 Testigo sin inocular	T7 testigo inoculado
REPETICIONES	PL1	1.72	1.8	0.96	1.7	1.06	2.1	1.52
	PL2	1.04	1.24	1.04	1.34	0.9	1.54	0.58
	PL3	1.06	1.54	1.38	1.58	0.8	1.12	1.36
	PL4	1.38	0.96	0.96	1.12	1.32	1.34	0.44
	PL5	1.42	1.38	1.28	1.08	1.52	2.4	0.86
	PL6	1.1	1.3	1.22	1.48	1.28	1.72	0.8
	PL7	0.88	1.26	1.3	1.24	0.72	2.52	1.36
PROMEDIOS		1.22857143	1.35428571	1.16285714	1.36285714	1.08571429	1.82	0.98857143

Q. ANEXO: 17

Datos originales de la prueba de invernadero para la variable longitud de raíz (cm).

TRATAMIENTOS		T1 Fosfonato potásico + Cu (foliar)	T2 Fosfonato de potasio (foliar)	T3 Fosfonato potásico + Cu (radicular)	T4 Fosfonato de potasio "radicular"	T5 Metalaxyl + Oxicloruro de Cu	T6 Testigo sin inocular	T7 testigo inoculado
REPETICIONES	PL1	39.703	68.92	37.793	51.975	22.423	126.667	29.973
	PL2	46.531	35.832	30.379	42.611	24.388	53.781	22.94
	PL3	49.77	36.536	28.618	52.449	24.74	85.088	28.316
	PL4	36.38	39.404	38.328	57.903	32.799	100.798	28.124
	PL5	30.979	74.888	36.319	45.567	25.513	127.181	28.523
	PL6	38.011	32.579	31.882	37.461	32.775	72.943	22.229
	PL7	40.221	56.472	44.509	45.317	26.155	111.385	22.01
PROMEDIOS		40.2278571	49.233	35.404	47.6118571	26.9704286	96.8347143	26.0164286

R. ANEXO: 18

Datos originales de la prueba de invernadero para la variable porcentaje de daño radicular (%).

TRATAMIENTOS		T1 Fosfonato potásico + Cu (foliar)	T2 Fosfonato de potasio (foliar)	T3 Fosfonato potásico + Cu (radicular)	T4 Fosfonato de potasio "radicular"	T5 Metalaxyl + Oxicloruro de Cu	T6 Testigo sin inocular	T7 testigo inoculado
REPETICIONES	PL1	30	28	40	10	50	0	55
	PL2	39	25	50	15	50	20	50
	PL3	35	22	45	8	60	20	40
	PL4	35	30	50	10	50	3	100
	PL5	40	25	58	10	60	0	55
	PL6	40	28	55	25	65	5	90
	PL7	55	20	50	20	60	0	70
PROMEDIOS		39.1428571	25.4285714	49.7142857	14	56.4285714	6.85714286	65.7142857