

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA  
MOLINA

FACULTAD DE AGRONOMÍA



“REACCIÓN A LA PUDRICIÓN RADICULAR CAUSADA  
POR *Phytophthora cinnamomi*. Rands EN DOS RAZAS Y  
DOS CULTIVARES DE PALTO, *Persea americana*. Miller”

Presentado por:

JIMMY RENE GOMEZ CARRIÓN

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO AGRÓNOMO

Lima - Perú

2014

*Dedicado:*

Al Grupo de Investigación en Árboles frutales (G.I.A.F)  
de la Universidad Nacional Agraria la Molina, donde sé  
qué:

“Anuda el entusiasmo por el estudio y la energía por  
la acción (...) acerca su corazón a la vez que eleva su  
entendimiento (...)”.

Jose Ingenieros, parte de los Sermones Laicos publicados  
entre los años 1918 y 1923.

# Agradecimiento

Gracias a mi familia: Emma, Oduvaldo, Deisy y Luis por el cariño y aliento.

A mi jurado, por su colaboración para con el presente.

A mi compañera, Silvia Sifuentes por su ayuda y paciencia.

A mi amigo, Flavio Lozano por su amistad y sugerencias.

## Índice general

	Declaración	I
	Dedicatoria	II
	Agradecimiento	III
	Lista de figuras	IX
	Lista de cuadros	XI
	Lista de Anexos	XII
I	<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
II	<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b>	<b>3</b>
	2.1 LA PALTA, FRUTA DE <i>Persea americana</i> . Miller, 1745	3
	2.2 EL PALTO, ÁRBOL DE <i>Persea americana</i>	4
	2.2.1 <i>Persea americana americana</i> , Antillano	5
	2.2.2 <i>Persea americana drimifolia</i> , Mexicano	6
	2.2.3 <i>Persea americana guatemalensis</i> , Guatemalteco	7
	2.2.4 <i>Persea americana</i> cv. 'Zutano'	8
	2.2.5 <i>Persea americana</i> cv. 'Nabal'	8
	2.3 LA ENFERMEDAD CAUSADA POR <i>Phytophthora cinnamomi</i> . Rands, 1922	9
	2.3.1 TAXONOMÍA Y MORFOLOGÍA DEL PATÓGENO	10
	2.4 IMPORTANCIA DE LA ENFERMEDAD.	11
	2.5 SÍNTOMAS DE LA ENFERMEDAD.	12
	2.6 CICLO DE LA ENFERMEDAD.	13
	2.7 CONDICIONES FAVORABLES PARA LA ENFERMEDAD	15

	2.8 RESISTENCIA Y MANEJO INTEGRADO DEL CULTIVO	15
<b>III</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODO</b>	<b>17</b>
	3.1 UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO.	17
	3.2 EL SUSTRATO	17
	3.3 MATERIALES BIÓTICOS	18
	3.3.1 PALTO.	18
	3.3.2 INÓCULO DE <i>Phytophthora cinnamomi</i>	19
	3.3.2.1 Aislamiento del patógeno	19
	3.3.2.2 Identificación del patógeno	19
	3.3.2.3 Incremento del patógeno	20
	3.4 MÉTODO DE INOCULACIÓN	21
	3.5 DISEÑO EXPERIMENTAL.	21
	3.6 PARÁMETROS DE EVALUACIÓN	22
	3.6.1 PESO FRESCO DE LA RAÍZ (pfr)	22
	3.6.2 PESO FRESCO DE LA RAÍZ (pfr) INOCULADO/CONTROL	22
	3.6.3 PESO SECO DE LA RAÍZ (psr)	23
	3.6.4 PESO SECO DE LA RAÍZ (psr) INOCULADO/CONTROL	23
	3.6.5 PESO DEL AGUA DE LA RAÍZ (par)	23
	3.6.6 PESO DEL AGUA DE LA RAÍZ (par) INOCULADO/CONTROL	23
		23
	3.6.7 LONGITUD DE LA RAÍZ (lr)	24
	3.6.8 LONGITUD DE LA RAÍZ (lr) INOCULADO/CONTROL	24
	3.6.9 LONGITUD DE LA RAÍZ/PESO SECO DE LA RAÍZ (lr/psr)	24
	3.6.10 PORCENTAJE DEL DAÑO A LA RAÍZ.	26
	3.6.11 DAÑO A LA RAÍZ/PESO SECO DE LA RAÍZ (daño/psr)	26
	3.6.12 DAÑO A LA RAÍZ/LONGITUD DE LA RAÍZ (daño/lr)	26
	3.6.13 ÍNDICE DE SENSIBILIDAD (IDSpfr)	29
	3.6.14 ÍNDICE DE SENSIBILIDAD (IDSpAr)	30
	3.6.15 ÍNDICE DE SENSIBILIDAD (IDSpSr)	31
	3.6.16 ÍNDICE DE SENSIBILIDAD (IDSlr)	32
	3.6.17 ÍNDICE DE SENSIBILIDAD (IDSdaño)	33
<b>IV</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>35</b>
	4.1 PESO FRESCO DE LA RAÍZ (pfr)	35
	4.2 PESO FRESCO DE LA RAÍZ (pfr) INOCULADO/CONTROL	37
		37
	4.3 PESO SECO DE LA RAÍZ (psr)	38

4.4	PESO SECO DE LA RAÍZ (psr) INOCULADO/CONTROL	40
4.5	PESO DEL AGUA DE LA RAÍZ (par)	42
4.6	PESO DEL AGUA DE LA RAÍZ (par) INOCULADO/CONTROL	44
4.7	LONGITUD DE LA RAÍZ (lr)	45
4.8	LONGITUD DE LA RAÍZ (lr) INOCULADO/CONTROL	47
4.9	LONGITUD DE LA RAÍZ/PESO SECO DE LA RAÍZ (lr/psr)	48
4.10	PORCENTAJE DEL DAÑO A LA RAÍZ	51
4.11	DAÑO A LA RAÍZ/PESO SECO DE LA RAÍZ (daño/psr)	59
4.12	DAÑO A LA RAÍZ/ LONGITUD DE RAÍZ (daño/lr)	60
4.13	ÍNDICE DE SENSIBILIDAD DEL PESO FRESCO DE LA RAÍZ (IDSpfr)	62
4.14	ÍNDICE DE SENSIBILIDAD DEL PESO DEL AGUA DE LA RAÍZ (IDSpár)	63
4.15	ÍNDICE DE SENSIBILIDAD DEL PESO SECO DE LA RAÍZ (IDSp <sub>psr</sub> )	65
4.16	ÍNDICE DE SENSIBILIDAD DE LA LONGITUD DE RAÍZ (IDS <sub>lr</sub> )	66
4.17	ÍNDICE DE SENSIBILIDAD DEL DAÑO A LA RAÍZ (IDS <sub>daño</sub> )	68
<b>V</b>	<b>DISCUSIÓN.</b>	<b>70</b>
<b>VI</b>	<b>CONCLUSIONES.</b>	<b>75</b>
<b>VII</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>76</b>
<b>VIII</b>	<b>RESUMEN</b>	<b>77</b>
<b>IX</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>78</b>

## Índice de figuras

Figura No	Titulo	Pag
3.6.1	Análisis de fotografía digital usando el programa ASSES.	24
3.6.2	Raíz de <i>Persea americana americana</i> , Antillano. La Molina-Lima. 2012.	25
3.6.3	Escala del daño a la raíz en términos porcentuales, para el patrón de <i>Persea americana</i> inoculado con <i>Phytophthora cinnamomi</i> , bajo condiciones de invernadero. La Molina-Lima 2012.	27
3.6.4	Raíz de <i>Persea americana</i> infectado con <i>Phytophthora cinnamomi</i> . La Molina-Lima. 2012.	28
4.1.1	Media del peso fresco de la raíz (g <sup>0.1</sup> ) para cuatro patrones de <i>P. americana</i> . La Molina-Lima. 2012.	36
4.2.1	Relación del peso fresco de la raíz inoc./control para cuatro patrones de <i>P. americana</i> inoculados con <i>P. cinnamomi</i> . La Molina-Lima. 2012.	38
4.3.1	Media del peso seco de la raíz (g <sup>0.1</sup> ) para cuatro patrones de <i>P. americana</i> inoculados con <i>P.cinnamomi</i> . La Molina-Lima. 2012.	40
4.3.2	Evaluación de <i>P. americana</i> a los 44 días después de inoculado con <i>P. cinnamomi</i> y su respectivo control, bajo condiciones de invernadero. La Molina-Lima. 2012.	41
4.4.1	Relación del peso seco de la raíz inoc./control para cuatro patrones de <i>P. americana</i> inoculados con <i>P. cinnamomi</i> . La Molina-Lima. 2012.	42
4.5.1	Media del peso del agua de la raíz (g <sup>0.1</sup> ) para cuatro patrones de <i>P. americana</i> inoculados con <i>P. cinnamomi</i> . La Molina-Lima. 2012.	44

4.6.1	Relación del peso del agua de la raíz inoc./control para cuatro patrones de <i>P. americana</i> inoculados con <i>P. cinnamomi</i> . La Molina-Lima. 2012.	45
4.7.1	Media de la longitud de la raíz (g <sup>0.1</sup> ) para cuatro patrones de <i>P. americana</i> inoculados con <i>P. cinnamomi</i> . La Molina-Lima. 2012.	47
4.8.1	Relación de la longitud de la raíz inoc./control para cuatro patrones de <i>P. americana</i> inoculados con <i>P. cinnamomi</i> . La Molina-Lima. 2012.	48
4.9.1	<i>Persea americana drimifolia</i> , Mexicano control. Sistema radicular a la 3 <sup>era</sup> evaluación (44 días después de inoculado), bajo condiciones de invernadero. La Molina-Lima. 2012.	50
4.9.2	Media de la relación longitud de la raíz/pesos seco de la raíz para cuatro patrones de <i>P. americana</i> inoculados con <i>P. cinnamomi</i> . La Molina-Lima. 2012.	51
4.10.1	Comportamiento del daño a la raíz (% <sup>0.1</sup> ) en el tiempo para cuatro patrones de <i>P. americana</i> inoculados con <i>P. cinnamomi</i> , bajo condiciones de invernadero. La Molina-Lima. 2012.	53
4.10.2	Evaluación de <i>Persea americana americana</i> , Antillano, días después de inoculado con <i>Phytophthora cinnamomi</i> , y su respectivo control, bajo condiciones de invernadero. La Molina-Lima. 2012.	54
4.10.3	Evaluación de <i>Persea americana drimifolia</i> , Mexicano, días después de inoculado con <i>Phytophthora cinnamomi</i> , y su respectivo control, bajo condiciones de invernadero. La Molina-Lima. 2012.	55
4.10.4	Evaluación de <i>Persea americana</i> cv ‘Nabal’, días después de inoculado con <i>Phytophthora cinnamomi</i> , y su respectivo control, bajo condiciones de invernadero. La Molina-Lima. 2012.	56
4.10.5	Evaluación de <i>Persea americana</i> cv ‘Zutano’, días después de inoculado con <i>Phytophthora cinnamomi</i> , y su respectivo control, bajo condiciones de invernadero. La Molina-Lima. 2012.	57
4.10.6	Media del daño a la raíz (% <sup>0.1</sup> ) para cuatro patrones de <i>P. americana</i> inoculados con <i>P. cinnamomi</i> . La Molina-Lima. 2012.	58

4.11.1	Media de relación del daño a la raíz/peso seco para cuatro patrones de <i>P. americana</i> inoculados con <i>P. cinnamomi</i> . La Molina-Lima. 2012.	60
4.12.1	Media de la relación del daño a la raíz/longitud de raíz para cuatro patrones de <i>P. americana</i> inoculados con <i>P. cinnamomi</i> . La Molina-Lima. 2012.	61
4.13.1	Relación del índice de sensibilidad del peso fresco de la raíz y el cociente de las medias del peso fresco de la raíz de <i>P. americana</i> inoculado con <i>P. cinnamomi</i> y la media del control. La Molina-Lima. 2012.	63
4.14.1	Relación del índice de sensibilidad del peso del agua de la raíz y el cociente de las medias del peso seco de la raíz de <i>P. americana</i> inoculado con <i>P. cinnamomi</i> y la media del control. La Molina-Lima. 2012.	64
4.15.1	Relación del índice de sensibilidad del peso seco de la raíz y el cociente de las medias del peso seco de la raíz de <i>P. americana</i> inoculado con <i>P. cinnamomi</i> y la media del control. La Molina-Lima. 2012.	66
4.16.1	Relación del índice de sensibilidad de la longitud de la raíz y el cociente de las medias de la longitud de la raíz de <i>P. americana</i> inoculado con <i>P. cinnamomi</i> y la media del control. La Molina-Lima. 2012.	68
4.17.1	Relación del índice de sensibilidad del daño a la raíz y el daño a la raíz de <i>P. americana</i> inoculado con <i>P. cinnamomi</i> . La Molina-Lima. 2012.	69

## Índice de cuadros

Cuadro No	Titulo	Pag
3.5.1	Tratamientos para cuantificar la resistencia de <i>P. americana</i> a la enfermedad causada por <i>P. cinnamomi</i> , bajo condiciones de invernadero. La Molina-Lima. 2012.	22
4.1.1	Media del peso fresco de la raíz ( $g^{0.1}$ ) para cuatro patrones <i>P. americana</i> inoculados con <i>P.cinnamomi</i> . La Molina-Lima. 2012.	36
4.2.1	Media de la relación peso fresco de la raíz inoc./control ( $g^{0.1}$ ) para cuatro patrones <i>P. americana</i> inoculados con <i>P. cinnamomi</i> . La Molina-Lima. 2012.	37
4.3.1	Media del peso seco de la raíz ( $g^{0.1}$ ) para cuatro patrones <i>P. americana</i> inoculados con <i>P.cinnamomi</i> . La Molina-Lima. 2012.	39
4.4.1	Media de la relación inoc./control del peso seco de la raíz ( $g^{0.1}$ ) para cuatro patrones de <i>P. americana</i> inoculados con <i>P. cinnamomi</i> . La Molina-Lima. 2012.	42
4.5.1	Media del peso del agua de la raíz ( $g^{0.1}$ ) para cuatro patrones de <i>P. americana</i> inoculados con <i>P. cinnamomi</i> . La Molina-Lima. 2012.	43
4.6.1	Media de la relación inoc./control del agua de la raíz ( $g^{0.1}$ ) para cuatro patrones de <i>P. americana</i> inoculados con <i>P. cinnamomi</i> . La Molina-Lima. 2012.	45
4.7.1	Media de la longitud de la raíz ( $km^{0.1}$ ) para cuatro patrones de <i>P. americana</i> inoculados con <i>P. cinnamomi</i> . La Molina-Lima.2012.	46
4.8.1	Media de la relación inoc./control de la longitud de la raíz ( $Km^{0.1}$ ), para cuatro patrones de <i>P. americana</i> inoculados con <i>P. cinnamomi</i> . La Molina-Lima. 2012.	48

4.9.1	Media de la relación longitud de la raíz/peso seco de la raíz para cuatro patrones de <i>P. americana</i> inoculados con <i>P. cinnamomi</i> . La Molina-Lima. 2012.	49
4.10.1	Media del daño a la raíz (% <sup>0.1</sup> ) para cuatro patrones de <i>P. americana</i> inoculados con <i>P. cinnamomi</i> . La Molina-Lima. 2012.	58
4.11.1	Media de la relación daño a la raíz/peso seco de la raíz inoculado, para cuatro patrones de <i>P. americana</i> inoculados con <i>P. cinnamomi</i> . La Molina-Lima. 2012.	59
4.12.1	Media de la relación del daño a la raíz/longitud de la raíz para cuatro patrones de <i>P. americana</i> inoculados con <i>P. cinnamomi</i> . La Molina-Lima. 2012.	61
4.13.1	Puntos en el eje cartesiano del peso fresco de la raíz, para cuatro patrones de <i>P. americana</i> inoculados con <i>P. cinnamomi</i> . La Molina-Lima. 2012.	62
4.14.1	Puntos en el eje cartesiano del peso del agua de la raíz, para cuatro patrones de <i>P. americana</i> inoculados con <i>P. cinnamomi</i> . La Molina-Lima. 2012.	64
4.15.1	Puntos en el eje cartesiano del peso seco de la raíz, para cuatro patrones de <i>P. americana</i> inoculados con <i>P. cinnamomi</i> . La Molina-Lima. 2012.	65
4.16.1	Puntos en el eje cartesiano de la longitud de la raíz, para cuatro patrones de <i>P. americana</i> inoculados con <i>P. cinnamomi</i> . La Molina-Lima. 2012.	67
4.17.1	Puntos en el eje de coordenadas del daño a la raíz, para cuatro patrones de <i>P. americana</i> inoculados con <i>P. cinnamomi</i> . La Molina-Lima. 2012.	69

## Lista de Anexos

Anexo	Título	Pag
<b>A</b>	<b>Análisis de Varianza (ANVA) para el peso fresco de la raíz</b>	<b>89</b>
<b>B</b>	<b>Análisis de Varianza (ANVA) para el peso seco de la raíz</b>	<b>92</b>
<b>C</b>	<b>Análisis de Varianza (ANVA) para el peso del agua de la raíz.</b>	<b>95</b>
<b>D</b>	<b>Análisis de Varianza (ANVA) para la longitud de la raíz.</b>	<b>98</b>
<b>E</b>	<b>Análisis de Varianza (ANVA) para el daño a la raíz.</b>	<b>101</b>
<b>F</b>	<b>Análisis de Varianza (ANVA) para los ratios de los parámetros evaluados.</b>	<b>102</b>
<b>G</b>	<b>Comportamiento en el tiempo para los cuatro patrones según los parámetros evaluados.</b>	<b>104</b>

# I. INTRODUCCIÓN

Los frutos de *Persea americana*, la palta, en las últimas décadas ha cobrado importancia mundial. En el Perú, el área que se espera tener al 2017 es de 20 000 hectáreas de ‘Hass’, estima Augusto Cillóniz Benavidez (Agencia Agraria de Noticias 2013); en nuestro país, las principales zona de producción se encuentran en la costa.

El árbol de palto tiene problemas de plagas y enfermedad que limitan su producción. La pudrición radicular causada por *Phytophthora cinnamomi*, es una enfermedad que se encuentra distribuida en las áreas productoras de todo el mundo. Desde la segunda década del siglo XX, cuando se reportó por primera vez, el problema se ha agravado, no solo por la masificación de su principal hospedante, el palto, sino a la gran facilidad con la que ataca a otras especies y lo difícil que puede resultar su aislamiento.

Como medida de control se ha trabajado en la utilización de patrones resistentes a la enfermedad causada por el oomiceto, aunque tras décadas de investigación apenas se ha logrado un nivel de resistencia, pero es el control genético, quien nos brinda mayores ventajas para el desarrollo sostenible de la actividad (Bender *et. al.* 2012). De igual forma se recomienda, para el éxito de la actividad agrícola, el desarrollo de un manejo integrado del cultivo, control de riegos y una cultura de prevención; solo así se podrá hacer frente a la enfermedad.

Esta situación nos conduce a realizar el presente trabajo de investigación con el propósito de determinar el nivel de respuesta a la pudrición radicular, causada por *Phytophthora cinnamomi*, de los patrones de palto más utilizados en nuestro medio.

El objetivo del trabajo fue:

- Cuantificar la reacción de cuatro patrones de *P. americana* a la pudrición radicular causada por *P. cinnamomi*, bajo condiciones de invernadero.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. LA PALTA, FRUTA DE *Persea americana*. Miller, 1745

El nombre palta según El Inca Garcilaso de la Vega (1605), en su libro “Los Comentarios Reales”, nos relata que fue su abuelo (el Inca Túpac Yupanqui) quién la introdujo desde la tribu Palta ubicado en la costa norte del Perú (región Tumbes) al valle sagrado de los Incas (región Cuzco). Y es el nombre común con el que se conoce en los países de Ecuador, Colombia, Perú, Chile y Argentina, regiones que alcanzó el Tahuantinsuyo (Gardiazabal 2001). El relato resalta a la palta en la dieta del hombre y se tiene evidencias de su importancia desde mucho antes del surgimiento de los Incas.

El país más importante cuando se habla de esta especie es México, de donde toma el nombre de Avocado como es conocido mundialmente. Tras la distorsión del vocablo Azteca Ahucalt que hace referencia al fruto, generalmente agrupado en pares similar a los testículos (Smith 2013). Se cree que las culturas antiguas llegaron a un mayor nivel de entendimiento: “aoacatl”, “tlacacolaocatl”, y “quillaoacatl” para hacer referencia de las tres razas de palto; Mexicano, Antillano y Guatemalteco, respectivamente (Barrientos y López 2001).

## 2.2. EL PALTO, ÁRBOL DE *Persea americana*

En 1745, Miller, fue el primer científico en describir el árbol de palto. A la actualidad se ha reportado alrededor de 85 especies descritas de *Persea*. La mayoría de origen Americano, Asiático y algunos reportados en las Islas Canarias (Barrientos y López 2001, Bender 2012).

El palto pertenece taxonómicamente a la División: Magnoliophyta, Clase: Magnoliopsida, Subclase: Magnoliidae, Orden: Laurales, Familia: Lauraceae, Género: *Persea*, Subgénero: *Persea*, Especie: *Persea americana* (Flores y Vilcapoma 2008).

El palto es un árbol perennifolio, extremadamente vigoroso pudiendo alcanzar hasta 30 m de altura, presenta hojas alternas, simples, pecioladas muy brillantes, la lámina y el color varían según el cultivar. Presenta inflorescencia tipo panícula, pudiendo cada árbol llegar a producir aproximadamente un millón de flores, y solo el 0,01 por ciento se transforma en fruto. Las flores son perfectas, actinomorfas, bisexuales y trímeras. Sin embargo, los órganos femeninos y masculinos son funcionales en diferentes momentos, lo que evita la autofecundación, fenómeno llamado dicogamia sincrónica, y es el evento que explica la metaxenia y la elevada segregación genética en los paltos (Gazit y Degani 2002, Ish 2004). El perianto presenta tépalos verdosos, dispuesto en dos ciclos de tres; androceo con 9 a 12 estambres dispuestos en tres a cuatro ciclos, los más internos transformados en estaminodios, los estambres perfectos y dehiscencia valvar con dos nectarios amarillo anaranjado. Gineceo de ovario superior, 1-carpelar, 1-locular; estilo simple, y estigma capitado. El fruto es una baya uniseminada, semilla con cotiledones grandes y

endospermo (Ish 2004, Flores y Vilcapoma 2008).

La familia Lauraceae tiene dos subgéneros, *Persea* y *Eriodaphne*, este último es inmune a *Phytophthora cinnamomi*, pero el cambium es incompatible con el subgénero *Persea*, al que pertenece la palta comercial, por lo que la técnica de injerto no podría ser usada (Barrientos y López 2001, Cruz 2011, Bender 2012).

El subgénero *Persea* tiene dos especies: *americana* y *schiedeana*, este último presenta cierta resistencia a la enfermedad y es uno de los progenitores de G755, llamado también ‘Martín Grande’, colectado en Guatemala en el año 1975. Por otro lado, *Persea indica* es el más susceptible de las especies, y es utilizado como indicador biológico para determinar la presencia o ausencia de la enfermedad (Zentmyer 1976, Castañeda 2009, Bender 2012). La especie *Persea americana*, presenta tres subespecies de mayor importancia: *Persea americana americana* (Antillano), *Persea americana drimifolia* (Mexicano), *Persea americana guatemalensis* (Guatemalteco), son los híbridos de estos los que han cobrado importancia como fruta fresca y pie de planta (Schieber y Zentmyer 1976, Barrientos y López 2001, Scora *et. al.* 2002).

### 2.2.1. *Persea americana americana*, Antillano

El árbol de *Persea americana americana*, Antillano, se ubica evolutivamente en las zonas bajas hasta los 1 000 m.s.n.m. es sensible al frío y a la enfermedad ocasionada por *Phytophthora cinnamomi* pero resiste la salinidad y la clorosis férrica. Presenta hojas grandes, de color verde amarillento. El tiempo que toma transformar una flor en fruto maduro (F-M) es de seis a

ocho meses, periodo en el cual se cosechan frutos medianos a muy grandes, de bajo contenido de aceite y pulpa acuosa. Debajo de la pulpa se encuentra una semilla grande, de superficie rugosa, testa gruesa y fibrosa (Gardiazabal 2001, Barrientos y López 2001).

En Israel se han seleccionado cultivares de este grupo por ser particularmente resistentes a suelos salinos y calcáreos, como los patrones ‘Degania’ y ‘Maoz’. En las Islas Canarias, ‘Maoz’ produjo una elevada proporción de líneas tolerantes a *Phytophthora cinnamomi* (Schieber y Zentmyer 1976, Ben y Michelson 1995), es un indicio en la búsqueda de caracteres resistentes a los problemas que limitan la producción.

#### **2.2.2. *Persea americana drimifolia*, Mexicano**

Gardiazabal (2001) y Barrientos y López (2001) señalan que el árbol de *Persea americana drimifolia*, Mexicano, se ubica evolutivamente en las zonas altas sobre los 2 000 m.s.n.m. hasta los 2 500 m.s.n.m. es resistente al frío y a la enfermedad ocasionada por *Phytophthora cinnamomi*, pero sensible a la salinidad y la clorosis férrica. Presenta hojas pequeñas, de color verdoso, con presencia del olor a anís. El tiempo que toma transformar una flor en fruto maduro (F-M) es de cinco a siete meses, periodo en el que se cosechan frutos pequeños a mediano tamaño, de alto contenido de aceite y un ligero sabor a anís. Debajo de la pulpa se encuentra una semilla pequeña, de superficie suave y testa delgada.

Esta raza ha dado los patrones con el mejor comportamiento frente a la pudrición radicular causada por *Phytophthora cinnamomi*, cultivares como

‘Duke 6’ y ‘Duke 7’ seleccionados por Zentmyer, de buen comportamiento ante el oomiceto. Es el cultivar ‘Thomas’ el más resistente a la enfermedad, similar a ‘Martin Grande’, pero al evaluar los rendimientos sobre este patrón, los resultados fueron poco alentadores (Newett *et. al.* 2002, Lemus *et. al.* 2005).

### 2.2.3. *Persea americana guatemalensis*, Guatemalteco

El árbol de *Persea americana guatemalensis*, se ubica evolutivamente en las zonas intermedias entre los 1 000 m.s.n.m. y 2 000 m.s.n.m. es sensible a la clorosis férrica, resistencia media al frío y a la salinidad. Presenta hojas nuevas de color rojizo que al madurar presentan limbo grande. El tiempo que toma transformar una flor en fruto maduro (F-M) es de 10 a 18 meses, periodo en el que se cosechan frutos pequeños a grandes, generalmente redondo, de mediano a alto contenido de aceite. Debajo de la pulpa se encuentra una semilla redonda de superficie suave, y testa delgada (Gardiazabal 2001, Barrientos y López 2001).

Son los frutos del cultivar ‘Hass’ el más representativo del grupo, es un híbrido de Mexicano x Guatemalteco (con mínimos rasgos mexicanos), es de todos los cultivares el más distribuido en el mundo. Mientras, ‘Edranol’ y ‘Nabal’ son guatemaltecos que en el año 1 948 se popularizaron para ser usados como injerto y luego como patrones, estos resultaron más sensibles a *Phytophthora cinnamomi* que los Mexicanos pero presentan mayor uniformidad (muy útil para los viveristas), en la actualidad son mediamente populares (Roe *et. al.* 1995, Newett *et. al.* 2002).

#### 2.2.4. *Persea americana* cv. 'Zutano'

Bender *et. al.* (2012) señala que 'Zutano' es un híbrido de Guatemalteco x Mexicano (con mayores rasgos Mexicanos), seleccionado en California por W. L. Ruitt en el año 1926. Se describe como un árbol vigoroso con lenticelas rojas en los brotes, de fruto oval y periforme que pesa alrededor de 200 a 400 g y vida corta en el árbol una vez que madura. Su exocarpo es de piel lisa y brillante, debajo de la pulpa acuosa se encuentra una semilla cónica grande. Su linaje Mexicano le confiere mayor resistencia a las heladas (hasta los 3.3 °C), moderada susceptibilidad a la pudrición de la raíz causada por *Phytophthora cinnamomi*, y soportar condiciones salinas (Newett *et. al.* 2002). El cultivar 'Zutano' es usado como pie de planta en Australia, Nueva Zelanda, Estados Unidos y Sudáfrica, donde también es semilla nodriza en la propagación clonal de palto. Sin embargo, Bender *et. al.* (2012) ha reportado su sensibilidad a la enfermedad causada por el oomiceto.

El cultivar 'Zutano' en la actualidad es utilizado como polinizante para las plantaciones comerciales de 'Hass' en el Perú, este último tiene la flor del tipo A y 'Zutano' del tipo B. Para las condiciones de la Molina, la cosecha se realiza entre los meses de mayo a julio, coincidiendo con la cosecha de 'Hass'.

#### 2.2.5. *Persea americana* cv. 'Nabal'

El cultivar 'Nabal', es un híbrido de Guatemalteco x Mexicano, con mayores caracteres guatemalteco (Roe *et. al.* 1995, Bender *et. al.* 2012). 'Nabal' fue una selección de semillas que crecieron en su habitat natural, introducidas a California desde Guatemala en el año 1917, pasaron a Sudáfrica en

1 948, desde entonces empleados como pluma y también como patrón debido a la alta incidencia del viroide *sunblotch* o “mancha solar” (ASBV) en ‘Mexicola’ usado por ese entonces como pie de planta. Debido a la sensibilidad que presentó ‘Nabal’, a la pudrición radicular causada por *Phytophthora cinnamomi*, permaneció populares hasta 1 960 (Newett *et. al.* 2002). En Chile es empleado como patrón porque se cree que es resistente a condiciones salinas (Marais *et. al.* 2002).

El fruto de ‘Nabal’ es de forma redondeada, tamaño mediano a grande de 350 a 750 g, su exocarpo es de piel lisa, gruesa y quebradiza, de color verde oscuro. Su pulpa con menor contenido de aceite que el promedio la hace más acuosa, y debajo de ella se encuentra una semilla mediana y redonda (Griesbach 2005). Para las condiciones de la Molina, la cosecha se realiza entre los meses de octubre a noviembre.

### **2.3. LA ENFERMEDAD CAUSADA POR *Phytophthora cinnamomi*. Rands, 1 922**

*Phytophthora* proviene del vocablo griego que significa “destructor de plantas” (Kroon *et. al.* 2011); la pudrición radicular causada por *P. cinnamomi* fue aislado por primera vez de las raíces de la canela en el año 1 922 por R. T. Rands, en Sumatra (Zentmyer 1985, Pegg *et. al.* 2002). El primer informe de esta enfermedad en palto fue hecho por Tucker en Puerto Rico en 1 927. Desde entonces se ha reportado afectando a más de 1 000 variedades de especies y plantas en países de todo del mundo que presenta clima templado cálido (Erwin y Ribeiro 1996, Drenth y Sendall 2001). Convirtiéndose en un problema para la fauna nativa de Australia y bosques Europeos (Zentmyer

1977, Dell *et. al.* 2005).

Se tiene indicios para creer que el patógeno es originario del sureste Asiático y sur Africano. Llegó a Australia en el pleistoceno, desde donde fue introducida al trópico Americano y Hawáiano para llegar a todas las regiones de clima templado cálido de América (Mircetich y Zentmyer 1967, Zentmyer 1976a, Zentmyer 1992).

### 2.3.1. TAXONOMÍA Y MORFOLOGÍA DEL PATÓGENO

*Phytophthora cinnamomi* pertenece al Reino Chromista, Phylum Oomycota, Clase: Oomycete, Orden Peronosporales, Familia: Pythiaceae, y Género: 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 diaminopimelico (DAP) característico en bacterias y plantas superiores (Lara 2008).

Erwin y Ribeiro (1996) señalan que *Phytophthora cinnamomi* desciende 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 (heterotálico), pudiendo el tipo A2 llegar a formar oosporas homotáticas autofertilizadas (Mircetich y Zentmyer 1967, Lemus 2009). Tanto la oosporas, clamidospora, 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, Sánchez Pérez 2007).

#### **2.4. IMPORTANCIA DE LA ENFERMEDAD.**

En los Estados Unidos, California, la pudrición radicular causada por *P. cinnamomi*, empezó a tomar importancia desde finales de 1930, cuando los paltos mostraron un declive notorio. Las investigaciones recayeron sobre Dr. Zentmyer de la UC Riverside, programa que dirigió desde el año 1948 hasta 1981. Dejando la posta al Dr. Michael Coffey, quien estuvo al frente una década, posteriormente continuó con la labor el Dr. John Menge en el año 1990 y Dr. Greg Douhan en 2006 (Shepherd y Bender 2012).

Según Weste citado por Vidales (2002) señala que desde 1977, *Phytophthora cinnamomi* ha limitado la producción de palta y es ya la causante de la fluctuación de los precios en el mercado. Según Coffey citado por Menge (2013), en los Estado Unidos, 1989, la pérdida a causa de la enfermedad asciende a 44 millones de dólares, por entonces se generaron diferentes fondos para la investigación en palto y en el 2001 solo fue superada por los fondos de investigación para los cítricos. El financiamiento de la industria a

la universidad UC Riverside ha permitido desarrollar un paquete tecnológico para hacer frente a la pudrición radicular causada por *Phytophthora cinnamomi* (Vidales 2002, Shepherd y Bender 2012). Para México, la pérdidas a causa del oomiceto asciende a los 640 millones de pesos (Lara 2008), en el Perú no se tiene reporte de la pérdida económica a causa de la enfermedad, pero esta no deja de ser importante.

Existe un daño cuantitativo a los rendimientos de fruta fresca de palta; Sánchez (2007) señala que la producción se reduce entre un 10 a 40 por ciento y la pérdida de la calidad oscila entre un 15 y 30 por ciento, a causa de la pudrición radicular a causa del patógeno.

Dell *et. al.* (2005) señala la importancia de esta enfermedad para Australia, donde *P. cinnamomi* es considerado una amenaza clave y diezma los bosques naturales desde 1 921; se tardaron cuarenta años para identificar el agente causal, y las medidas que se preven incluyen poner en cuarentena a más de medio millón de hectárias forestales, incluso restringir los circuitos turísticos como el monumento al Rey George III, puesto que las personas son agentes que diseminan la enfermedad, al movilizar tierra con el inóculo infeccioso adherida a los zapatos.

## **2.5. SÍNTOMAS DE LA ENFERMEDAD.**

Esta enfermedad no discrimina la edad de la planta. Los síntomas secundarios inician con un amarillamiento de las hojas y defoliación progresiva, este síntoma puede desaparecer durante un tiempo para luego resurgir de forma más pronunciada. Las nuevas hojas que brotan son más pequeñas

o acucharadas de color verde claro, muestra un decaimiento general (epinastia), semejante al estrés hídrico, pese a tener el suelo en capacidad de campo. Los síntomas primarios se muestran en la raíz, ellas toman una coloración marrón oscura, quebradiza, de fácil desprendimiento del súber y pérdida de selectividad a las sales y patógenos vasculares. Cuando las raíces se encuentran podridas en un 30 a 40 por ciento, empieza a mostrar síntomas visibles en la parte aérea (Yalle 1962, Ceja *et. al.* 2000, Lara 2008).

La reacción fisiológica de las raíces en condiciones anegadas incrementan los problemas causados por el oomiceto, se sabe que *Phytophthora cinnamomi* responde positivamente a la glutamina y asparagina (Schieber y Zentmyer 1976, Khew y Zentmyer 1973, Cahill y Hardman 1994, Hardman 2005, Sánchez Pérez 2007). Estos dos aminoácidos están ampliamente distribuidos en el reino vegetal involucrados en la movilización, reciclaje y almacenamiento del nitrógeno e incrementan su actividad bajo condiciones de estrés (Lea *et. al.* 2007, Gaufichon *et. al.* 2010). Son indicios para suponer, por qué el oomiceto se ha distribuido tan exitosamente por el mundo.

## **2.6. CICLO DE LA ENFERMEDAD.**

*Phytophthora cinnamomi* se reproduce normalmente de forma asexual, pero en países donde existen los dos tipos A1 y A2 pueden reproducirse sexualmente. A nivel mundial sólo existen cinco países donde estos dos tipos han sido reportados: Australia, Madagascar, Papúa, Nueva Guinea y Estados Unidos de Norte América (Mircetich y Zentmyer 1967, Sánchez Vigo 2007).

Hardham (2005) y Sánchez Pérez (2007) señalan que el ciclo de la enfermedad empieza con la presencia del inóculo infeccioso, zoospora, micelio, y/o clamidosporas; estas estructuras son altamente infectivas. Pero de ellas, las más importantes son las zoosporas. Células sencillas con dimensiones de nueve a quince nanómetros, sin pared celular, biflagelas, motiles y de respuesta quimiotáctica. La germinación ocurre unos veinte a treinta minutos después del enquistamiento. El tubo germinativo crece por aproximadamente una hora con sus propias reservas, en dirección a los puntos de elongación de las raíces donde se liberan aminoácidos, una vez alcanzado el tejido susceptible y sobre pasar las barreras físicas y químicas, decimos que ha ocurrido la infección.

Hardham (2005) y Castañeda (2009) señalan que la penetración del patógeno ocurre un día después de la infección y seis horas después coloniza todas las células que estén a su alcance. La muerte de la raíz estimula al oomiceto a esporular y formar dos tipos de esporas que perpetuaran el ciclo de la enfermedad: esporangios y clamidosporas. Dos a tres días después de la infección, el inóculo se amplifica rápidamente.

Sánchez Pérez (2007) señala que *P. cinnamomi* puede sobrevivir en material vegetal muerto, pese a tener poca habilidad saprofítica para competir con otros microorganismos del suelo. Son invasores primarios y atacan tejidos intactos o con heridas recientes. Sus estructuras de conservación la pueden mantener viable por un tiempo considerable siempre que el suelo permanezca húmedo; las clamidosporas y las oosporas pueden permanecer viable por hasta seis años en ausencia de hospedantes, pero en suelos bajo

condiciones de sequedad prolongada (dos por ciento de humedad) por más de dos meses pierden su viabilidad (Mircetich y Zentmyer 1967), por otro lado, la zoospora enquistada puede permanecer viable por apenas seis semanas (MacDonald y Duniway, citado por Sánchez Pérez 2007).

## **2.7. CONDICIONES FAVORABLES PARA LA ENFERMEDAD**

Las condiciones favorables para el normal desarrollo son similares tanto para el palto como para el patógeno, con algunas excepciones. La Temperatura del suelo menores a 5 °C y mayores a 35 °C podrían ser letales para el patógeno pero no para los paltos (Hardham 2005, Lara 2008). Mientras que la temperatura óptima es de 21 a 30 °C, fuera de este rango se desordena fisiológicamente inhibiendo la formación de zoosporas y esporangios; de la misma forma como las raíces del palto son muy demandantes en oxígeno, el oomiceto se ve inhibido en un medio con escasas de este elemento (Schieber y Zentmyer 1976, Pegg *et. al.* 2002).

El pH óptimo para el desarrollo de la enfermedad es de 6.5 y es el mismo para el palto (Schieber y Zentmyer 1976, Pegg *et. al.* 2002). Marais *et. al.* (2002) señala que el calcio, el Zinc y la materia orgánica son importantes para la supresión del patógeno, por lo que un deficiente suministro de estos significa una mayor susceptibilidad de las plantas.

## **2.8. RESISTENCIA Y MANEJO INTEGRADO DEL CULTIVO**

Se han realizado numerosos esfuerzos para encontrar un patrón resistente a la enfermedad causada por *Phytophthora cinnamomi*, encabezados

por científicos de la UC Riverside. Tras décadas de investigación apenas se ha encontrado un cierto grado de entereza sobre dos bases, la primera sobre la capacidad del patrón para regenerar raíces rápidamente y suplir las dañadas, sea el caso de ‘Duke 7’. Y la segunda, una respuesta bioquímica que retarda el desarrollo de la enfermedad, sea el caso de ‘Martín Grande’ (Bender 2012).

En la actualidad, cuando los huertos de palto son severamente afectados por *Phytophthora cinnamomi*, se practica un manejo integrado que conjuga las medidas sanitarias para evitar la presencia y dispersión del patógeno, medidas que inician en el vivero, dentro de huertos y entre huertos, así como evitar el humedecimiento prolongado del terreno. Las aplicaciones químicas tales como Fosetilo de Aluminio y Metalaxilo han incrementado los costos en gran medida y el uso de portainjertos parcialmente resistentes tales como ‘Barr Duke’, ‘Duke 6’, ‘Duke 7’, y ‘Duke 9’, ‘Thomas’ y ‘Toro Canyon’, todos de la raza Mexicana, son consideradas mejores alternativas en el largo plazo (Sánchez Pérez 2007, Rodríguez 2011).

Marais *et. al.* (2002), Pegg *et. al.* 2002 y Bender (2012) recomiendan como medidas para minimizar el avance del oomiceto, el desarrollar una cultura de prevención, el cual incluye el control desde vivero, selección de los sitios de menor riesgo donde instalar la plantación, prevenir la introducción de *Phytophthora cinnamomi* utilizando portainjertos resistentes, mantener un suministro hídrico adecuado, evitando el sobre o sub-riego, aplicación de productos químicos sistémicos, y los acolchados orgánicos. Los paltos pueden sobrevivir y crecer con la presencia de *P. cinnamomi* si se practica el sistema de gestión recomendado.

## III. MATERIALES Y MÉTODO

### 3.1. UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO.

El presente experimento se realizó en las instalaciones del Laboratorio de Fitopatología y el Programa de Investigación y Proyección Social (PIPS) de Frutales, de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM).

### 3.2. EL SUSTRATO

El sustrato que se utilizó para el presente experimento estuvo compuesto de suelo agrícola, arena fina de río, musgo y materia orgánica (compost) en la proporción 2:4:1:2, contenidas en bolsas de polietileno de color negro y de siete litros de volumen (maceta).

La materia orgánica en forma de compost, elaborado por el PIPS de frutales, es un medio antagónico para la supervivencia de los fitopatógenos, sea el caso de *P. cinnamomi* u otros; mientras que el musgo proveniente de los bofedales altoandinos, es un ambiente inapropiado para la supervivencia de *P. cinnamomi* u otros patógenos, al igual que la arena fina de río, al ser un material inerte, limita la supervivencia de cualquier patógeno, caso contrario ocurre con el suelo agrícola. Sin embargo, Mircetich y Zentmyer (1967) han

comprobado que el suelo agrícola sometido a condición de sequedad prolongada, ocasiona la muerte de *P. cinnamomi*.

El PIPS de Frutales proporcionó el suelo agrícola sometido a condiciones secas por un periodo mayor a veinte años. A pesar de ello, se tomó una muestra del material y se llevó al Laboratorio de Fitopatología de la UNALM con la finalidad de confirmar la presencia de *Phytophthora spp*, pero el resultado del análisis dio negativo.

### **3.3. MATERIALES BIÓTICOS**

#### **3.3.1. PALTO.**

Se utilizaron semillas de: *Persea americana americana*, Antillano; *Persea americana drimifolia*, Mexicano; *Persea americana* cv. ‘Nabal’ y *Persea americana* cv. ‘Zutano’, las que fueron proporcionadas por PIPS de frutales de la UNALM. Dichas semillas se desinfectaron en una solución de Metil Tiofanato + Thiram al 0.1 por ciento y sembradas en una cama de germinación, compuesta de arena fina y musgo, en la relación 2:1 respectivamente. Cuando las semillas presentaron signos visibles de germinación (crecimiento de la radícula) se desinfectó en una solución de Metil Tiofanato + Thiram al 0.15 por ciento, para luego ser pasadas a la maceta de siete litros de volumen conteniendo el sustrato estéril en la siguiente proporción: suelo agrícola, arena fina de río, musgo y materia orgánica (compost) en la proporción 2:4:1:2.

### 3.3.2. INÓCULO DE *Phytophthora cinnamomi*

#### 3.3.2.1. Aislamiento del patógeno

Se cortó fragmentos de las raíces de un árbol de *P. americana* proveniente del campo experimental del PIPS de frutales de la UNALM, con síntomas característicos de la enfermedad, se lavó con agua corriente para sumergirlo en alcohol de 70° por un minuto, después se enjuagó con agua destilada y se procedió a sembrar en placas Petri en un medio selectivo para *Phytophthora spp.*

El medio selectivo se preparó con anterioridad, y estuvo compuesto de: extracto de harina de maíz amarillo ( $60 \text{ gL}^{-1}$ ), cocido por una hora a fuego lento, filtrado y decantado; luego se agregó Agar ( $15 \text{ gL}^{-1}$ ), se esterilizó en autoclave a  $121^\circ\text{C}$  y  $15 \text{ lb.pulg}^{-2}$  por 15 minutos y finalmente cuando de enfrió hasta los  $45^\circ\text{C}$  se agregó Pimaricina ( $10 \text{ gL}^{-1}$ ) Ampicilina ( $250 \text{ gL}^{-1}$ ), Rifampicina ( $10 \text{ gL}^{-1}$ ) y Benomil ( $10 \text{ gL}^{-1}$ ), dicho medio se abrevia con la iniciales PARB. Medio donde creció el patógeno a  $24^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$  por 7 días (Javier 1998, Drenth y Sendall 2001, Huamaní 2007).

#### 3.3.2.2. Identificación del patógeno

El género *Phytophthora*, es un taxón de difícil identificación por estar muy influenciado por el ambiente; actualmente algunos laboratorios se emplea el uso de marcadores moleculares ayudando en la rápida identificación del patógeno (Drenth y Sendall 2001, Kroon *et. al.* 2011).

Sin embargo, el método más empleado en la actualidad para identificar a *Phytophthora*, son los descritos por Waterhouse (1963), y Erwin y

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, es abundante. Finalmente el micelio, cenocítico, toruloso, y de aspecto coraloide. Waterhouse (1963) subraya que estas características permanecen como ayuda para la identificación de la especie mas no pretende ser una clasificación.

Todos los descriptores morfológicos señalados contribuyen a la identificación de la especie. Sin embargo, organos como la oospora son poco usuales, al igual que los esporangios. El primero, fruto de la reproducción sexual y el segunda importante en la reproducción asexual por su variabilidad en genes y tamaños (*ob. cit.*).

### **3.3.2.3. Incremento del patógeno**

Luego de identificar el patógeno, se procedio a incrementar el inóculo para las diferentes pruebas; se inicio con la esterilización de 80 g de trigo precocado, tratada en autoclave a 121°C y 15 *lb.pulg*<sup>-2</sup> por 24 horas y finalmente cuando se enfrió hasta los 20°C, se agregó cinco discos de un centimetro de diámetro con medio PARB creciendo con el patógeno para ser llevada a la incubadora por cuatro semanas a 24°C± 2°C (Pantoja 1994, Castañeda 2009).

### **3.4. MÉTODO DE INOCULACIÓN**

Castañeda (2009) realizó un estudio similar, donde empleó 300 semillas de trigo como método de infección directa por litro de sustrato. Para el presente experimento se preparó 80 g de trigo pre-cocido, por siete litros de sustrato, puestos a la incubadora y creciendo con el micelio de *P. cinnamomi*, el que se empleó para infectar las macetas de siete litros de volumen que contienen a los plántones de *P. americana*, de tres meses de edad desde que inicio su visible germinación.

Arenas (1998) señala que las plantas de *P. americana* creciendo en ausencia de *P. cinnamomi* puede resistir 24 horas en un sustrato sobresaturado sin sufrir daño, pero en presencia del patógeno sufre severos daños en corto tiempo. Por tanto, se procedió a dar las condiciones de anegamiento para todos los tratamientos por un día, el día que se inoculó (cero días después de inoculado), y a los 53 días después de inoculado (ddi).

Al día treinta después de la inoculación se realizó el re-aislamiento *P. cinnamomi* de las unidades experimentales tomadas al azar, y para todos los casos el resultado fue positivo.

### **3.5. DISEÑO EXPERIMENTAL.**

Se empleó el diseño estadístico completamente al azar (DCA), con ocho tratamientos constituidos por cuatro patrones de *Persea americana* inoculados con *Phytophthora cinnamomi* y su respectivo control; se realizaron seis repeticiones por evaluación, donde la unidad experimental fue el sistema

radicular del *Persea americana*.

Cuadro 3.5.1.: Tratamientos para cuantificar la resistencia de *P. americana* a la enfermedad causada por *P. cinnamomi*, bajo condiciones de invernadero. La Molina-Lima. 2012.

<i>Persea americana</i>	<i>Phytophthora cinnamomi</i>	Tratamientos
<b>Antillano</b>	Control (No inoculado)	<b>T1</b>
<b>Antillano</b>	Inoculado	<b>T2</b>
<b>Mexicano</b>	Control (No inoculado)	<b>T3</b>
<b>Mexicano</b>	Inoculado	<b>T4</b>
<b>‘Nabal’</b>	Control (No inoculado)	<b>T5</b>
<b>‘Nabal’</b>	Inoculado	<b>T6</b>
<b>‘Zutano’</b>	Control (No inoculado)	<b>T7</b>
<b>‘Zutano’</b>	Inoculado	<b>T8</b>

### 3.6. PARÁMETROS DE EVALUACIÓN

Los parámetros evaluados fueron los siguientes:

#### 3.6.1. PESO FRESCO DE LA RAÍZ (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 (+/-0.01gr).

#### 3.6.2. PESO FRESCO DE LA RAÍZ (pfr)

##### INOCULADO/CONTROL

Para la evaluación de este parámetro se tomó el cociente de la división del peso fresco de la raíz, para cada repetición inoculado y su control, tomado al azar. El cociente más cercano a uno nos indica que ha sido menos afectado por el patógeno; por el contrario, el valor más cercano a cero nos indica mayor

daño para el parámetro peso fresco de la raíz.

### **3.6.3. PESO SECO DE LA RAÍZ (psr)**

Para la evaluación del parámetro peso seco de la raíz se procedió a colocar la raíz en bolsas de papel y secarla en una estufa a una temperatura de 65°C por 48 horas. Se cuantificó el peso para cada repetición con la ayuda de una balanza digital (+/-0.01gr).

### **3.6.4. PESO SECO DE LA RAÍZ (psr) INOCULADO/CONTROL**

Para la evaluación de este parámetro se tomó el cociente de la división del peso seco de la raíz, para cada repetición inoculado y su control, tomado al azar. El cociente más cercano a uno nos indica que ha sido menos afectado por el patógeno; por el contrario, el valor más cercano a cero nos indica mayor daño para el parámetro peso seco de la raíz.

### **3.6.5. PESO DEL AGUA DE LA RAÍZ (par)**

Para la evaluación del parámetro peso del agua de la raíz (humedad relativa de la raíz), se calculó la diferencia de los parámetros peso fresco y peso seco de la raíz para cada repetición, según la siguiente ecuación:

$$par = pfr - psr \quad (III.1)$$

### **3.6.6. PESO DEL AGUA DE LA RAÍZ (par) INOCULADO/CONTROL**

Para la evaluación de este parámetro se tomó el cociente de la división del peso del agua de la raíz, para cada repetición inoculado y su control,

tomado al azar. El cociente más cercano a uno nos indica que ha sido menos afectado por el patógeno; por el contrario, el valor más cercano a cero nos indica mayor daño para el parámetro peso del agua de la raíz.

### 3.6.7. LONGITUD DE LA RAÍZ ( $l_r$ )

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 3.6.1.

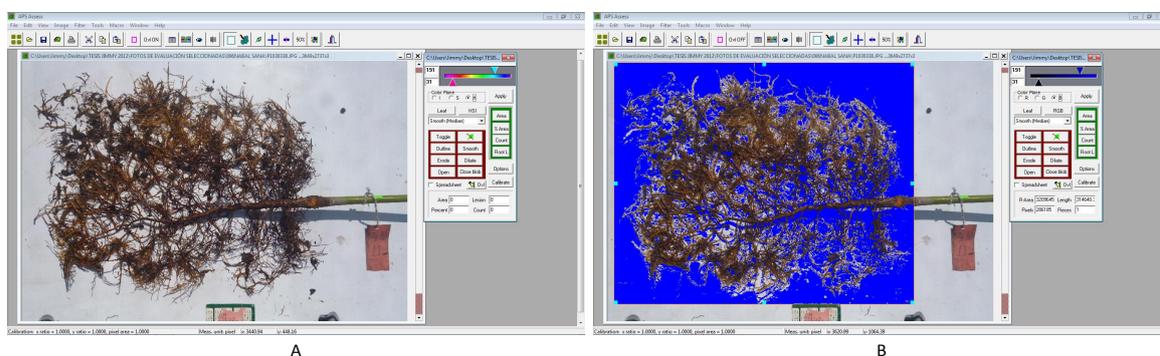


Figura 3.6.1.: Análisis de fotografía digital usando el programa ASSES.

### 3.6.8. LONGITUD DE LA RAÍZ ( $l_r$ ) INOCULADO/CONTROL

Para la evaluación de este parámetro se tomó el cociente de la división del parámetro longitud de la raíz, para cada repetición inoculado y su control, tomado al azar. El cociente más cercano a uno nos indica que ha sido menos afectado por el patógeno; por el contrario, el valor más cercano a cero nos indica mayor daño para el parámetro longitud de la raíz.

### 3.6.9. LONGITUD DE LA RAÍZ/PESO SECO DE LA RAÍZ ( $l_r/psr$ )

Para la evaluación de este parámetro se tomó el cociente de la división de la longitud de la raíz y el peso seco de la raíz de los patrones de *Persea americana* inoculados y su respectivo control. El cociente alto indica mayor

producción de raíces secundarias por acumulación de materia seca. Ver figura 3.6.2, en la fotografía **B**, las raíces secundarias que crecen en ausencia de *P. cinnamomi*, la longitud de las raíces es mayor y el peso de la médula de la raíz pivotante es proporcional a la longitud de las raíces, por lo que se refleja en un cociente alto.

Por el contrario, ver figura 3.6.2, en la fotografía **A**, las raíces secundarias que crecen en presencia de *P. cinnamomi*, la longitud de las raíces secundarias están reducidas y desproporsionadas al peso de la médula de la raíz pivotante por lo que se refleja en un cociente menor, comparado con el de la fotografía **B**.



Figura 3.6.2.: Raíz de *Persea americana americana*, Antillano. La Molina-Lima. 2012.

**A:** Inoculado con *P. cinnamomi*.      **B:** Control

En resumen, la relación longitud de la raíz y el peso seco de la raíz con el cociente más alto presenta un mejor comportamiento ante la pudrición radicular causada por *P. cinnamomi*.

### **3.6.10. PORCENTAJE DEL DAÑO A LA RAÍZ.**

Para la evaluación de este parámetro se procedió a asignar una escala al sistema radicular dañado en términos porcentuales (%) para cada repetición, ver figura 3.6.3 en la página siguiente.

### **3.6.11. DAÑO A LA RAÍZ/PESO SECO DE LA RAÍZ (daño/psr)**

Para la evaluación de este parámetro se tomó el cociente de la división de los parámetros daño de la raíz y peso seco de la raíz para cada repetición de los patrones de *Persea americana* inoculados. El cociente alto indica mayor daño causado por *Phytophthora cinnamomi*; por el contrario, el cociente bajo indica que es menos afectado, ver figura 3.6.4 en la página 28.

### **3.6.12. DAÑO A LA RAÍZ/LONGITUD DE LA RAÍZ (daño/lr)**

Para la evaluación de este parámetro se tomó el cociente de la división de los parámetros daño de la raíz y longitud de la raíz para cada repetición de los patrones de *Persea americana* inoculados. El cociente alto indica mayor daño causado por *Phytophthora cinnamomi*; por el contrario, el cociente bajo indica que es menos afectado, ver figura 3.6.4 en la página 28.



27 Figura 3.6.3.: Escala del daño a la raíz en términos porcentuales, para el patrón de *Persea americana* inoculado con *Phytophthora cinnamomi*, bajo condiciones de invernadero. La Molina-Lima 2012.

**1:** 0% - 4% de daño; **2:** 5% - 14% de daño; **3:** 15% - 24% de daño; **4:** 25% - 34% de daño; **5:** 35% - 44% de daño; **6:** 45% - 54% de daño;

**7:** 55% - 64% de daño; **8:** 65% - 74% de daño; **9:** 75% - 84% de daño; **10:** 85% - 94% de daño; **11:** 95%-100% de daño.

\*La transformación de los datos se desarrolló de la siguiente manera para cada repetición:  $5\%^{0.1} = \sqrt[10]{0,05}$   
Elaboración propia.

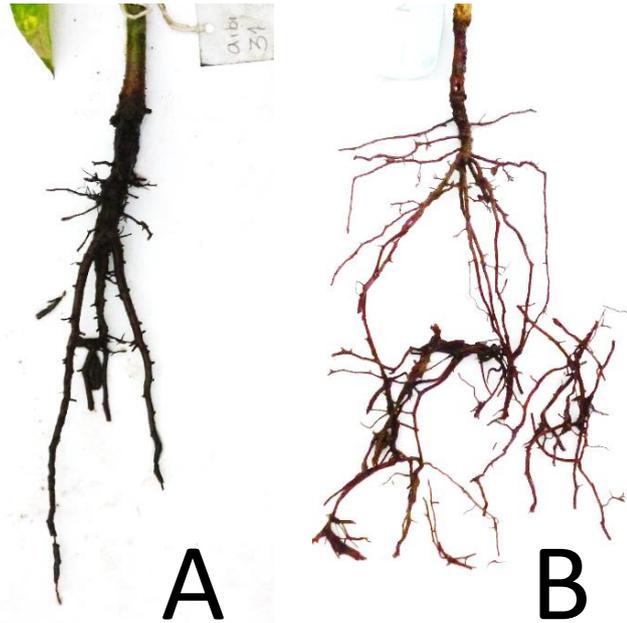


Figura 3.6.4.: Raíz de *Persea americana* infectado con *Phytophthora cinnamomi*. La Molina-Lima. 2012.

**A:** *Persea americana americana*, Antillano.

**B:** *Persea americana drimifolia*, Mexicano.

De la figura 3.6.4, se observa que el daño causado por *Phytophthora cinnamomi* reduce considerablemente la longitud de las raíces secundarias, sucede lo mismo para el peso seco de la raíz; por el contrario, el daño de la raíz es inversamente proporcional a los parámetros antes mencionados. Por tanto, al dividir el daño a la raíz (daño) sobre la longitud de la raíz ( $l_r$ ), y el daño a la raíz (daño) sobre el peso seco de la raíz ( $psr$ ), los valores altos indicarán una mayor susceptibilidad a la enfermedad.

### 3.6.13. ÍNDICE DE SENSIBILIDAD (IDS<sub>pfr</sub>)

Los datos analizados se utilizan para calcular el índice de sensibilidad del peso fresco de la raíz del patrón de *Persea americana* inoculado con *Phytophthora cinnamomi*, para el que se utilizó la siguiente ecuación:

$$IDS_{pfr_i} = \left( \frac{s_i - z_i}{S - Z} \right) \left( \frac{Z}{z_i} \right) \quad (\text{III.2})$$

Donde:

- $i$ : *Antillano, Mexicano, 'Nabal', 'Zutano'.*
- $s_i$ : *Es la media del peso fresco de la raíz del patrón  $i$  bajo la presencia del patógeno.*
- $z_i$ : *Es la media del peso fresco de la raíz del patrón  $i$  control.*
- $S$ : *Es la media del peso fresco de la raíz de los patrones inoculados.*
- $Z$ : *Es la media del peso fresco de la raíz de los patrones control.*

El índice de sensibilidad del peso fresco de la raíz ( $IDS_{pfr}$ ) proporciona una medida de la reacción al daño ocasionado por *P. cinnamomi*. Los valores mayores a uno, indican una mayor susceptibilidad de la media, mientras que valores menores a uno indican una mayor entereza ante la enfermedad.

El índice de sensibilidad se representa gráficamente en un plano cartesiano, en el eje de las ordenadas el  $IDS_{pfr}$  y el cociente de  $s_i$  y  $z_i$ , es decir  $\left( \frac{s_i}{z_i} \right)$ , en el eje de las abscisas; los que serán las coordenadas de los puntos para cada patrón (Stark *et.al.* 1991, Karnataka 2008, Cowley y Luckett 2011).

### 3.6.14. ÍNDICE DE SENSIBILIDAD (IDS<sub>par</sub>)

Los datos analizados se utilizan para calcular el índice de sensibilidad del peso del agua de la raíz del patrón de *Persea americana* inoculado con *Phytophthora cinnamomi*, para el que se utilizó la siguiente ecuación:

$$IDS_{par_i} = \left( \frac{s_i - z_i}{S - Z} \right) \left( \frac{Z}{z_i} \right) \quad (\text{III.3})$$

Donde:

- $i$ : *Antillano, Mexicano, 'Nabal', 'Zutano' .*
- $s_i$ : *Es la media del peso del agua de la raíz del patrón  $i$  bajo la presencia del patógeno.*
- $z_i$ : *Es la media del peso del agua de la raíz del patrón  $i$  control.*
- $S$ : *Es la media del peso del agua de la raíz de los patrones inoculados.*
- $Z$ : *Es la media del peso del agua de la raíz de los patrones control.*

El índice de sensibilidad del peso del agua de la raíz ( $IDS_{par}$ ) proporciona una medida de la reacción al daño ocasionado por *P. cinnamomi*. Los valores mayores a uno, indican una mayor susceptibilidad de la media, mientras que valores menores a uno indican una mayor entereza ante la enfermedad.

El índice de sensibilidad se representa gráficamente en un plano cartesiano, en el eje de las ordenadas el  $IDS_{par}$  y el cociente de  $s_i$  y  $z_i$ , es decir  $\left( \frac{s_i}{z_i} \right)$ , en el eje de las abscisas; los que serán las coordenadas de los puntos para cada patrón (*ob. cit.*).

### 3.6.15. ÍNDICE DE SENSIBILIDAD (IDS<sub>psr</sub>)

Los datos analizados se utilizan para calcular el índice de sensibilidad del peso seco de la raíz del patrón de *Persea americana* inoculado con *Phytophthora cinnamomi*, para el que se utilizó la siguiente ecuación:

$$IDS_{psr_i} = \left( \frac{s_i - z_i}{S - Z} \right) \left( \frac{Z}{z_i} \right) \quad (\text{III.4})$$

Donde:

- $i$ : *Antillano, Mexicano, 'Nabal', 'Zutano' .*
- $s_i$ : *Es la media del peso seco de la raíz del patrón  $i$  bajo la presencia del patógeno.*
- $z_i$ : *Es la media del peso seco de la raíz del patrón  $i$  control.*
- $S$ : *Es la media del peso seco de la raíz de los patrones inoculados.*
- $Z$ : *Es la media del peso seco de la raíz de los patrones control.*

El índice de sensibilidad del peso seco de la raíz ( $IDS_{psr}$ ) proporciona una medida de la reacción al daño ocasionado por *P. cinnamomi*. Los valores mayores a uno, indican una mayor susceptibilidad de la media, mientras que valores menores a uno indican una mayor entereza ante la enfermedad.

El índice de sensibilidad se representa gráficamente en un plano cartesiano, en el eje de las ordenadas el  $IDS_{psr}$  y el cociente de  $s_i$  y  $z_i$ , es decir  $\left( \frac{s_i}{z_i} \right)$ , en el eje de las abscisas; los que serán las coordenadas de los puntos para cada patrón (*ob. cit.*).

### 3.6.16. ÍNDICE DE SENSIBILIDAD (IDS<sub>lr</sub>)

Los datos analizados se utilizan para calcular el índice de sensibilidad de la longitud de la raíz del patrón de *Persea americana* inoculado con *Phytophthora cinnamomi*, para el que se utilizó la siguiente ecuación:

$$IDS_{lr_i} = \left( \frac{s_i - z_i}{S - Z} \right) \left( \frac{Z}{z_i} \right) \quad (\text{III.5})$$

Donde:

- i*: Antillano, Mexicano, 'Nabal', 'Zutano' .
- s<sub>i</sub>*: Es la media de la longitud de raíz del patrón *i* bajo la presencia del patógeno.
- z<sub>i</sub>*: Es la media de la longitud de raíz del patrón *i* control.
- S*: Es la media de la longitud de la raíz de los patrones inoculados.
- Z*: Es la media de la longitud de la raíz de los patrones control.

El índice de sensibilidad de la longitud de la raíz (*IDS<sub>lr</sub>*) proporciona una medida de la reacción al daño ocasionado por *P. cinnamomi*. Los valores mayores a uno, indican una mayor susceptibilidad de la media, mientras que valores menores a uno indica una mayor entereza ante la enfermedad.

El índice de sensibilidad se representa gráficamente en un plano cartesiano, en el eje de las ordenadas el *IDS<sub>lr</sub>* y el cociente de *s<sub>i</sub>* y *z<sub>i</sub>*, es decir  $\left(\frac{s_i}{z_i}\right)$ , en el eje de las abscisas; los que serán las coordenadas de los puntos para cada patrón (*ob. cit.*).

### 3.6.17. ÍNDICE DE SENSIBILIDAD (IDSdaño)

Los datos analizados se utilizan para calcular el índice de sensibilidad del daño a la raíz del patrón de *Persea americana* inoculado con *Phytophthora cinnamomi*, para el que se utilizó la siguiente ecuación:

$$IDSdaño_i = \frac{s_i}{S} \quad (III.6)$$

Donde:

$i$ : *Antillano, Mexicano, 'Nabal', 'Zutano' .*

$s_i$ : *Es la media del daño a la raíz al patrón  $i$ , inoculado.*

$S$ : *Es la media del daño a la raíz de los patrones inoculados.*

El índice de sensibilidad del daño a la raíz (*IDSdaño*) proporciona una medida de la reacción a la enfermedad causada por *P. cinnamomi*. Los valores mayores a uno, indican una mayor susceptibilidad de la media, mientras que valores menores a uno indican una mayor entereza ante la enfermedad.

El índice de sensibilidad se representada gráficamente en un plano cartesiano, en el eje de las ordenadas el *IDSdaño* y los valores de  $s_i$  de cada patrón inoculado, en el eje de las abscisas; los que serán las coordenadas de los puntos para cada patrón (*ob. cit.*).

Los datos de cada parámetro fueron tomados de ocho evaluaciones: a los 15, 30, 44, 60, 76, 109, 141 y 172 días después de la inoculación y la diferencia de los promedios se evaluaron a través de la prueba de t-Students

( $P=0.05$ ) y Tukey ( $P=0.05$ ).

La prueba de t-Students ( $P=0.05$ ) fue realizada para hallar la diferencia estadística significativa del patrón de *Persea americana* control e inoculado; es decir, para los tratamientos tomados en los siguientes pares: T1 y T2, T3 y T4, T5 y T6, y finalmente T7 y T8. En cambio, la prueba de Tukey fue realizada para hallar diferencias significativas entre los patrones de *Persea americana* control y los patrones de *Persea americana* inoculados con *Phytophthora cinnamomi*; es decir se tomaron los tratamientos T1, T3, T5 y T7 como primer grupo (control) y los tratamientos T2, T4, T6 y T8 como segundo grupo (inoculados). Ver cuadro 3.5.1.

Para utilizar dichas pruebas fue necesario el método de transformación de datos, donde cada dato fue elevado al exponente 0.1 y lograr que los mismos se ajusten a una distribución normal. Para su procesamiento se utilizó el software estadístico Rstudio v0.97. 237.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. PESO FRESCO DE LA RAÍZ (pfr)

El cuadro 4.1.1 presenta los resultados para el peso fresco de la raíz (pfr) de los patrones control. La prueba de Tukey ( $P=0.05$ ) muestra que el mayor peso fresco de la raíz lo tiene Antillano control, 'Zutano' control, 'Nabal' control y Mexicano control (1.516, 1.513, 1.499, 1.478 respectivamente), donde el Mexicano control es significativamente diferente a los demás tratamientos control.

En el mismo cuadro se presenta los resultados para el peso fresco de la raíz (pfr) de los patrones inoculados. La prueba de Tukey ( $P=0.05$ ) muestra que el mayor peso fresco de la raíz lo tiene 'Nabal' inoculado, 'Zutano' inoculado, Mexicano inoculado y Antillano inoculado, (1.452, 1.449, 1.416, 1.396 respectivamente), donde existen diferencias significativas entre los dos primeros y los dos últimos tratamientos inoculados para el parámetro peso fresco de la raíz. Ver figura 4.1.1 en la página siguiente.

Cuadro 4.1.1.: Media del peso fresco de la raíz (g<sup>0.1</sup>) para cuatro patrones *P. americana* inoculados con *P.cinnamomi*. La Molina-Lima. 2012.

Tratamiento	media	sd	cv %
<b>Antillano control</b>	(A)1.516	0.091	6.014
<b>Antillano inoculado</b>	(b)1.396	0.084	6.045
<b>Mexicano control</b>	(B)1.478	0.101	6.843
<b>Mexicano inoculado</b>	(b)1.416	0.073	5.190
<b>‘Nabal’ control</b>	(A)1.499	0.100	6.672
<b>‘Nabal’ inoculado</b>	(a)1.452	0.052	3.587
<b>‘Zutano’ control</b>	(A)1.513	0.106	6.994
<b>‘Zutano’ inoculado</b>	(a)1.449	0.081	5.576

sd: desviación estandar; cv: coeficiente de variabilidad donde:

$$cv = \left( \frac{sd}{media} \right) 100\%$$

\*Las letras mayúsculas y minúsculas junto a los valores, indican que existe diferencia estadística significativa para cada patrón inoculado y su respectivo control (t-students P=0.05).

\*Las letras iguales junto a los valores indican que no existe diferencia estadística significativa (Tukey P=0.05).

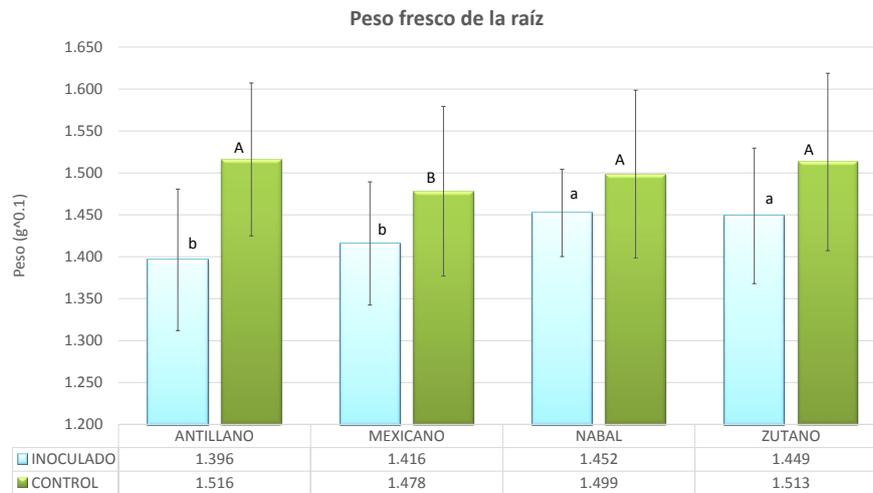


Figura 4.1.1.: Media del peso fresco de la raíz (g<sup>0.1</sup>) para cuatro patrones de *P. americana*. La Molina-Lima. 2012.

\*Las letras mayúsculas y minúsculas junto a los valores, indican que existe diferencia estadística significativa para cada patrón inoculado y su respectivo control (t-students P=0.05).

\*Las letras iguales junto a los valores indican que no existe diferencia estadística significativa (Tukey P=0.05).

## 4.2. PESO FRESCO DE LA RAÍZ (pfr) INOCULADO/CONTROL

El cuadro 4.2.1 muestra que el patrón ‘Nabal’ presentó el cociente más alto (0.972) en la relación peso fresco de la raíz inoculado/control, el que indica la cercanía en valores numéricos del peso fresco de la raíz de los patrones inoculados y su respectivo control; es decir, es menos afectado por la pudrición radicular causada por el oomiceto, ver figura 4.2.1 en la página siguiente. El patrón Mexicano y ‘Zutano’ pese a tener el mismo cociente (0.960), el segundo presentó mayor promedio para el parámetro peso fresco de la raíz, ver figura 4.1.1 Mientras que el Antillano tuvo el cociente más bajo (0.924) el cual indica la diferencia del peso fresco de la raíz con respecto a su control. Según la prueba de Tukey (P=0.05), Antillano es significativamente diferente a los demás patrones.

Cuadro 4.2.1.: Media de la relación peso fresco de la raíz inoc./control (g<sup>0.1</sup>) para cuatro patrones *P. americana* inoculados con *P. cinnamomi*. La Molina-Lima. 2012.

<i>Persea americana</i>	<i>media</i>	<i>sd</i>	<i>cv%</i>
<b>‘Nabal’</b>	(a)0.972	0.069	7.468
<b>Mexicano</b>	(a)0.960	0.045	4.701
<b>‘Zutano’</b>	(a)0.960	0.050	5.176
<b>Antillano</b>	(b)0.924	0.050	5.181

*sd*: desviación estandar; *cv*: coeficiente de variabilidad donde:

$$cv = \left(\frac{sd}{media}\right)100\%$$

\*Las letras iguales junto a los valores indican que no existe diferencia estadística significativa (Tukey P=0.05).

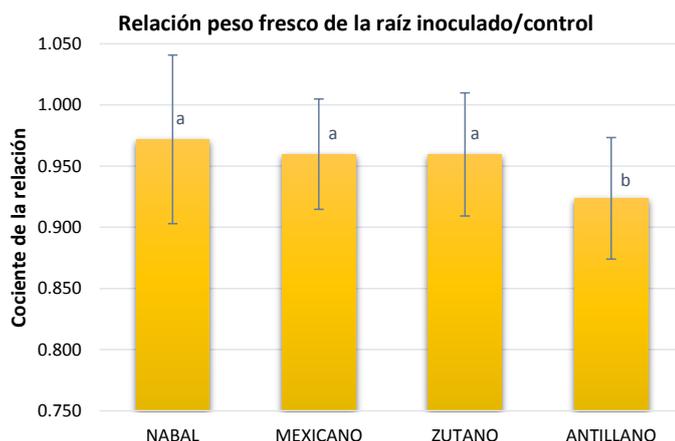


Figura 4.2.1.: Relación del peso fresco de la raíz inoc./control para cuatro patrones de *P. americana* inoculados con *P. cinnamomi*. La Molina-Lima. 2012.

\*Las letras iguales junto a los valores indican que no existe diferencia estadística significativa (Tukey  $P=0.05$ ).

### 4.3. PESO SECO DE LA RAÍZ (psr)

El cuadro 4.3.1 presenta los resultados para el peso seco de la raíz (psr) de los patrones no inoculados. La prueba de Tukey ( $P=0.05$ ) muestra que el mayor peso seco de la raíz lo tiene Antillano control, ‘Zutano’ control, ‘Nabal’ control y Mexicano control (1.402, 1.396, 1.392, 1.368 respectivamente), donde existe diferencias significativas entre Mexicano control y los demás tratamientos control. Este parámetro refleja las diferencias genéticas de los patrones de *Persea americana*, los patrones de la raza Antillano y Guatemalteco son más vigorosos que Mexicano; por tanto, se espera que acumulen mayor materia seca.

En el mismo cuadro se presenta los resultados para el peso seco de la raíz (psr) de los patrones inoculados. La prueba de Tukey ( $P=0.05$ ) muestra que el mayor peso seco de la raíz lo tiene ‘Zutano’ inoculado, ‘Nabal’ inoculado, Antillano inoculado y Mexicano inoculado (1.365, 1.356, 1.339, 1.334

respectivamente), donde no existen diferencias significativas entre ‘Zutano’ inoculado y ‘Nabal’ inoculado, ‘Nabal’ inoculado y Antillano inoculado, y finalmente Antillano inoculado y Mexicano inoculado, pero sí existe diferencias significativas fuera de estos pares. Ver figura 4.3.1 en la página siguiente.

Cuadro 4.3.1.: Media del peso seco de la raíz (g<sup>0.1</sup>) para cuatro patrones *P. americana* inoculados con *P.cinnamomi*. La Molina-Lima. 2012.

<b>Tratamiento</b>	<i>media</i>	<i>sd</i>	<i>cv%</i>
<b>Antillano control</b>	(A)1.402	0.053	3.797
<b>Antillano inoculado</b>	(bc)1.339	0.046	3.466
<b>Mexicano control</b>	(B)1.368	0.059	4.295
<b>Mexicano inoculado</b>	(c)1.334	0.071	5.346
<b>‘Nabal’ control</b>	(A)1.392	0.057	4.103
<b>‘Nabal’ inoculado</b>	(ab)1.356	0.042	3.069
<b>‘Zutano’ control</b>	(A)1.396	0.057	4.052
<b>‘Zutano’ inoculado</b>	(a)1.365	0.050	3.652

*sd*: desviación estandar; *cv*: coeficiente de variabilidad donde:

$$cv = \left( \frac{sd}{media} \right) 100\%$$

\*Las letras mayúsculas y minúsculas junto a los valores, indican que existe diferencia estadística significativa para cada patrón inoculado y su respectivo control (t-students P=0.05).

\*Las letras iguales junto a los valores indican que no existe diferencia estadística significativa (Tukey P=0.05).

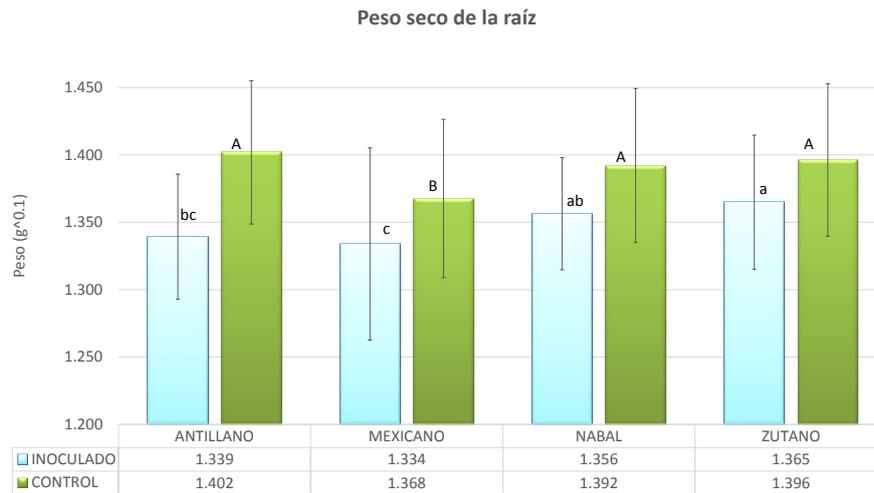


Figura 4.3.1.: Media del peso seco de la raíz ( $g^{0.1}$ ) para cuatro patrones de *P. americana* inoculados con *P. cinnamomi*. La Molina-Lima. 2012.  
 \*Las letras mayúsculas y minúsculas junto a los valores, indican que existe diferencia estadística significativa para cada patrón inoculado y su respectivo control (t-students  $P=0.05$ ).  
 \*Las letras iguales junto a los valores indican que no existe diferencia estadística significativa (Tukey  $P=0.05$ ).

#### 4.4. PESO SECO DE LA RAÍZ (psr) INOCULADO/CONTROL

El cuadro 4.4.1 muestra que el patrón ‘Zutano’ presentó el cociente más alto (0.978) en la relación peso seco de la raíz inoculado/control, el que indica la cercanía en valores numéricos del peso seco de la raíz de los patrones inoculados y su respectivo control; es decir, es menos afectado por la pudrición radicular causada por el oomiceto. El patrón Mexicano y ‘Nabal’ presentan valores intermedios (0.976 y 0.975 respectivamente). Mientras que el Antillano tuvo el cociente más bajo (0.956) el cual indica la diferencia del peso fresco de la raíz con respecto a su control. Según la prueba de Tukey ( $P=0.05$ ), Antillano es significativamente diferente a los demás patrones. Ver figuras: 4.4.1



'Zutano' inoculado



'Nabal' inoculado



Mexicano inoculado



Antillano inoculado



'Zutano' control



'Nabal' control



Mexicano control



Antillano control

Figura 4.3.2.: Evaluación de *P. americana* a los 44 días después de inoculado con *P. cinnamomi* y su respectivo control, bajo condiciones de invernadero. La Molina-Lima. 2012.

Cuadro 4.4.1.: Media de la relación inoc./control del peso seco de la raíz (g<sup>0.1</sup>) para cuatro patrones de *P. americana* inoculados con *P. cinnamomi*. La Molina-Lima. 2012.

<i>Persea americana</i>	<i>media</i>	<i>sd</i>	<i>cv %</i>
<b>‘Zutano’</b>	(a)0.978	0.041	4.295
<b>Mexicano</b>	(a)0.976	0.039	4.032
<b>‘Nabal’</b>	(a)0.975	0.033	3.398
<b>Antillano</b>	(b)0.956	0.033	3.342

*sd*: desviación estandar; *cv*: coeficiente de variabilidad donde:

$$cv = \left(\frac{sd}{media}\right) 100\%$$

\*Las letras iguales junto a los valores indican que no existe diferencia estadística significativa (Tukey P=0.05).

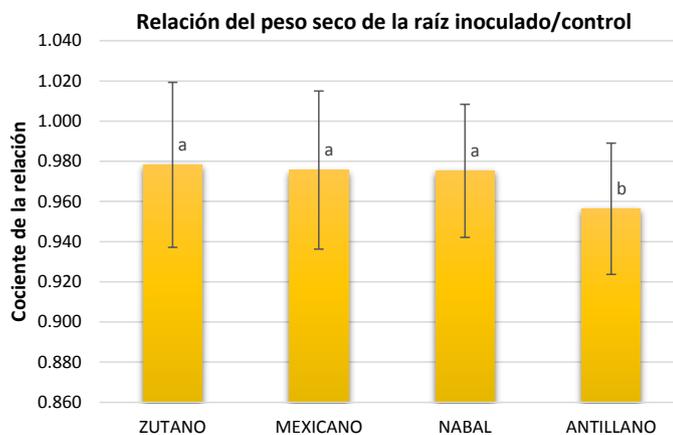


Figura 4.4.1.: Relación del peso seco de la raíz inoc./control para cuatro patrones de *P. americana* inoculados con *P. cinnamomi*. La Molina-Lima. 2012.

\*Las letras iguales junto a los valores indican que no existe diferencia estadística significativa (Tukey P=0.05).

#### 4.5. PESO DEL AGUA DE LA RAÍZ (par)

El cuadro 4.5.1 presenta los resultados para el peso del agua de la raíz de los patrones no inoculados. La prueba de Tukey (P=0.05) muestra que el mayor contenido de agua de la raíz lo tiene Antillano control, ‘Zutano’ control, ‘Nabal’ control y Mexicano control (1.418, 1.412, 1.392, 1.363 respectivamente), donde existe diferencias significativas entre el Mexicano control y los demás tratamientos. Mientras que ‘Zutano’ control no es significativa-

mente diferente a ‘Nabal’ control y Antillano control. Pero los dos últimos sí presentan diferencias estadísticas significativas.

En el mismo cuadro se presenta los resultados para el peso del agua de la raíz (par) de los patrones inoculados. La prueba de Tukey (P=0.05) muestra que el mayor contenido de agua de la raíz lo tiene ‘Nabal’ inoculado, ‘Zutano’ inoculado, Mexicano inoculado y Antillano inoculado (1.343, 1.316, 1.264, 1.221 respectivamente), donde no existe diferencias significativas entre ‘Nabal’ inoculado y ‘Zutano’ inoculado, Mexicano inoculado y Antillano inoculado. Existe diferencia significativa fuera de estos pares para el parámetro peso del agua de la raíz. Ver Figura 4.5.1 en la página siguiente.

Cuadro 4.5.1.: Media del peso del agua de la raíz (g<sup>0.1</sup>) para cuatro patrones de *P. americana* inoculados con *P. cinnamomi*. La Molina-Lima. 2012.

<b>Tratamiento</b>	<i>media</i>	<i>sd</i>	<i>cv %</i>
<b>Antillano control</b>	(A)1.418	0.122	8.571
<b>Antillano inoculado</b>	(b)1.221	0.153	12.500
<b>Mexicano control</b>	(C)1.363	0.159	11.692
<b>Mexicano inoculado</b>	(b)1.264	0.136	10.796
<b>‘Nabal’ control</b>	(B)1.392	0.133	9.567
<b>‘Nabal’ inoculado</b>	(a)1.343	0.080	5.936
<b>‘Zutano’ control</b>	(AB)1.412	0.148	10.452
<b>‘Zutano’ inoculado</b>	(a)1.316	0.136	10.328

*sd*: desviación estandar; *cv*: coeficiente de variabilidad donde:

$$cv = \left( \frac{sd}{media} \right) 100\%$$

\*Las letras mayúsculas y minúsculas junto a los valores, indican que existe diferencia estadística significativa para cada patrón inoculado y su respectivo control (t-students P=0.05).

\*Las letras iguales junto a los valores indican que no existe diferencia estadística significativa (Tukey P=0.05).

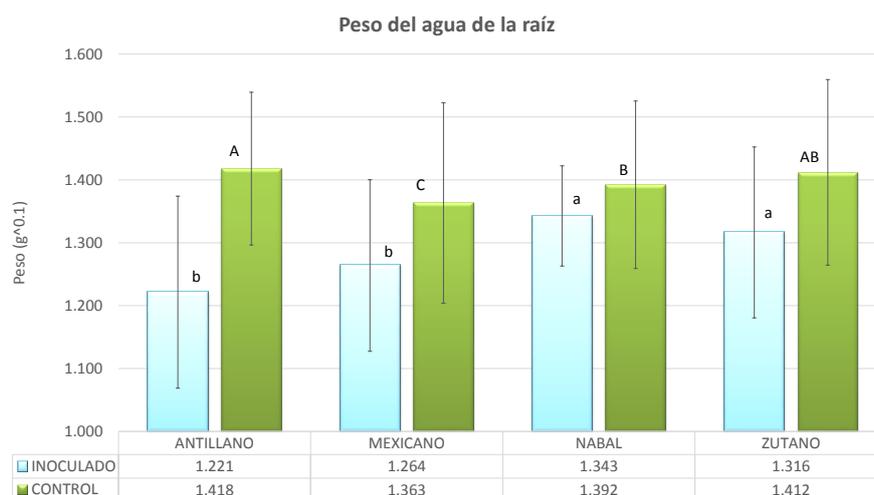


Figura 4.5.1.: Media del peso del agua de la raíz ( $g^{0.1}$ ) para cuatro patrones de *P. americana* inoculados con *P. cinnamomi*. La Molina-Lima. 2012.

\*Las letras mayúsculas y minúsculas junto a los valores, indican que existe diferencia estadística significativa para cada patrón inoculado y su respectivo control (t-students  $P=0.05$ ).

\*Las letras iguales junto a los valores indican que no existe diferencia estadística significativa (Tukey  $P=0.05$ ).

## 4.6. PESO DEL AGUA DE LA RAÍZ (par)

### INOCULADO/CONTROL

El cuadro 4.6.1 muestra que el patrón ‘Nabal’ presentó el cociente más alto (0.970) en la relación peso del agua de la raíz inoculado/control, el que indica la cercanía en valores numéricos del peso del agua de la raíz de los patrones inoculados y su respectivo; es decir, es menos afectado por la pudrición radicular causada por el oomiceto, ver figura 4.6.1 en la página siguiente. El patrón ‘Zutano’ y Mexicano presentan valores intermedios (0.936 y 0.932 respectivamente). Mientras que el Antillano tuvo el cociente más bajo (0.868) el cual refleja la incapacidad de retener el agua, debido a la destrucción de sus células a causa del oomiceto. según la prueba de Tukey ( $P=0.05$ ), Antillano es significativamente diferente a los demás patrones. Ver

figura: 4.6.1.

Cuadro 4.6.1.: Media de la relación inoc./control del agua de la raíz (g<sup>0.1</sup>) para cuatro patrones de *P. americana* inoculados con *P. cinnamomi*. La Molina-Lima. 2012.

<i>Persea americana</i>	<i>media</i>	<i>sd</i>	<i>cv %</i>
<b>‘Nabal’</b>	(a)0.970	0.127	14.632
<b>‘Zutano’</b>	(ab)0.936	0.080	8.607
<b>Mexicano</b>	(b)0.932	0.077	7.969
<b>Antillano</b>	(c)0.868	0.080	8.569

*sd*: desviación estandar; *cv*: coeficiente de variabilidad donde:

$$cv = \left( \frac{sd}{media} \right) 100 \%$$

\*Las letras iguales junto a los valores indican que no existe diferencia estadística significativa (Tukey P=0.05).

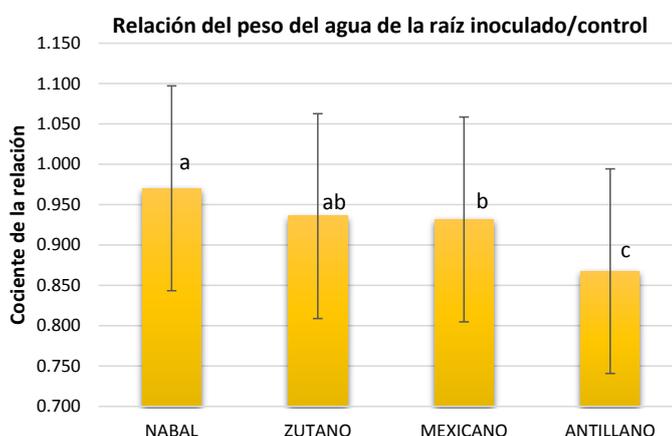


Figura 4.6.1.: Relación del peso del agua de la raíz inoc./control para cuatro patrones de *P. americana* inoculados con *P. cinnamomi*. La Molina-Lima. 2012.

\*Las letras iguales junto a los valores indican que no existe diferencia estadística significativa (Tukey P=0.05).

#### 4.7. LONGITUD DE LA RAÍZ (lr)

El cuadro 4.7.1 presenta los resultados para la longitud de la raíz de los patrones no inoculados. La prueba de Tukey (P=0.05) muestra que la mayor longitud de la raíz lo tiene Mexicano control, ‘Nabal’ control, ‘Zutano’ control, y Antillano control (1.089, 1.086, 1.081, 1.061 respectivamente), donde existen diferencias significativas entre el Antillano control y los de-

más tratamientos al evaluar este parámetro.

En el mismo cuadro se presenta los resultados para la longitud de la raíz de los patrones inoculados. La prueba de Tukey (P=0.05) muestra que la mayor longitud de la raíz lo tiene ‘Zutano’ inoculado, Mexicano inoculado, ‘Nabal’ inoculado y Antillano inoculado (1.002, 0.999, 0.986, 0.945 respectivamente), donde existe diferencias significativas entre Antillano inoculado y los demás tratamientos al evaluar este parámetro. Ver figura 4.7.1 en la página siguiente.

Cuadro 4.7.1.: Media de la longitud de la raíz (km<sup>0.1</sup>) para cuatro patrones de *P. americana* inoculados con *P. cinnamomi*. La Molina-Lima.2012.

<b>Tratamiento</b>	<i>media</i>	<i>sd</i>	<i>cv</i> %
<b>Antillano control</b>	(B)1.061	0.035	3.292
<b>Antillano inoculado</b>	(b)0.945	0.072	7.641
<b>Mexicano control</b>	(A)1.089	0.045	4.112
<b>Mexicano inoculado</b>	(a)0.999	0.061	6.127
<b>‘Nabal’ control</b>	(A)1.086	0.054	4.963
<b>‘Nabal’ inoculado</b>	(a)0.986	0.061	6.152
<b>‘Zutano’ control</b>	(A)1.081	0.045	4.160
<b>‘Zutano’ inoculado</b>	(a)1.002	0.060	5.971

*sd*: desviación estandar; *cv*: coeficiente de variabilidad donde.

$$cv = \left( \frac{sd}{media} \right) 100 \%$$

\*Las letras mayúsculas y minúsculas junto a los valores, indican que existe diferencia estadística significativa para cada patrón inoculado y su respectivo control (t-students P=0.05).

\*Las letras iguales junto a los valores indican que no existe diferencia estadística significativa (Tukey P=0.05).

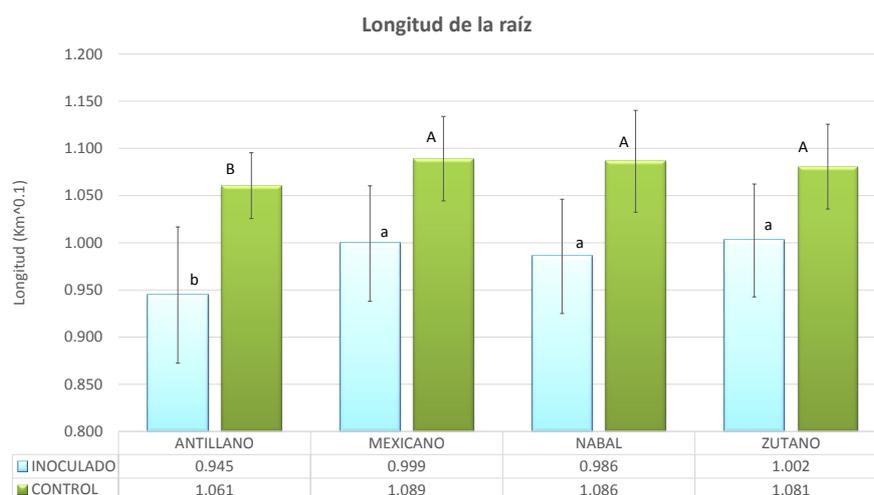


Figura 4.7.1.: Media de la longitud de la raíz ( $g^{0.1}$ ) para cuatro patrones de *P. americana* inoculados con *P. cinnamomi*. La Molina-Lima. 2012.  
 \*Las letras mayúsculas y minúsculas junto a los valores, indican que existe diferencia estadística significativa para cada patrón inoculado y su respectivo control (t-students  $P=0.05$ ).  
 \*Las letras iguales junto a los valores indican que no existe diferencia estadística significativa (Tukey  $P=0.05$ ).

#### 4.8. LONGITUD DE LA RAÍZ ( $lr$ ) INOCULADO/CONTROL

El cuadro 4.8.1 muestra que el patrón ‘Zutano’ presentó el cociente más alto (0.930) en la relación longitud de raíz inoculado/control, el que indica la cercanía en valores numéricos de la longitud de la raíz de los patrones inoculados y su respectivo control; es decir, menos afectado por la pudrición radicular causada por el oomiceto, ver figura 4.8.1. El patrón Mexicano y ‘Nabal’ presentan valores intermedios (0.920 y 0.911 respectivamente), mientras que el Antillano tuvo el cociente más bajo (0.892) el cual evidencia el daño ocasionado por el patógeno al crecimiento de las raíces. Según la prueba de Tukey ( $P=0.05$ ), Antillano es significativamente diferente a los demás patrones. Para mejor ilustración, ver figuras: 4.3.2 en la página 41.

Cuadro 4.8.1.: Media de la relación inoc./control de la longitud de la raíz (Km<sup>0.1</sup>), para cuatro patrones de *P. americana* inoculados con *P. cinnamomi*. La Molina-Lima. 2012.

<i>Persea americana</i>	<i>media</i>	<i>sd</i>	<i>cv %</i>
<b>‘Zutano’</b>	(a)0.930	0.081	9.120
<b>Mexicano</b>	(ab)0.920	0.070	7.654
<b>‘Nabal’</b>	(ab)0.911	0.089	9.790
<b>Antillano</b>	(c)0.892	0.075	8.062

*sd*: desviación estandar; *cv*: coeficiente de variabilidad donde:

$$cv = \left( \frac{sd}{media} \right) 100 \%$$

\*Las letras iguales junto a los valores indican que no existe diferencia estadística significativa (Tukey P=0.05).

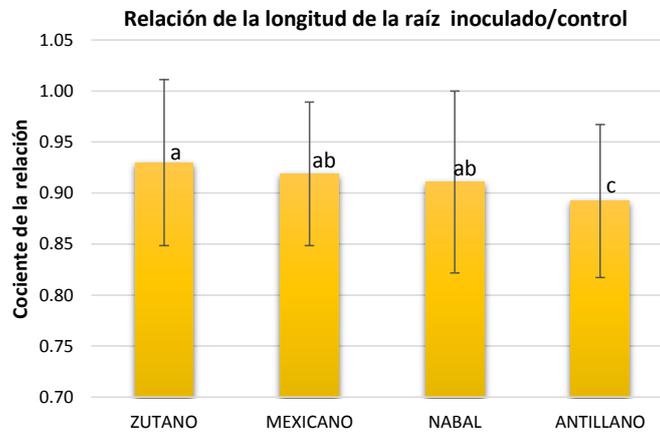


Figura 4.8.1.: Relación de la longitud de la raíz inoc./control para cuatro patrones de *P. americana* inoculados con *P. cinnamomi*. La Molina-Lima. 2012.

\*Las letras iguales junto a los valores indican que no existe diferencia estadística significativa (Tukey P=0.05).

#### 4.9. LONGITUD DE LA RAÍZ/PESO SECO DE LA RAÍZ (lr/psr)

El cuadro 4.9.1 muestra que Mexicano control presentó el cociente más alto (0.797) de la relación longitud de la raíz/peso seco de la raíz (control), el cual indica mayor producción de raíces por acumulación de materia seca. Los valores intermedios lo tienen los patrones ‘Nabal’ control y ‘Zutano’ control (0.780 y 0.774 respectivamente). Mientras el Antillano control tuvo el cociente más bajo (0.757) el cual indica su reducido crecimiento de

raíces secundarias; sin embargo, esto pudo deberse a una restricción física del contenedor, ver figura 4.10.2 en la página 54.

Cuadro 4.9.1.: Media de la relación longitud de la raíz/peso seco de la raíz para cuatro patrones de *P. americana* inoculados con *P. cinnamomi*. La Molina-Lima. 2012.

<b>Tratamiento</b>	<i>media</i>	<i>sd</i>	<i>cv %</i>
<b>Antillano control</b>	(C)0.757	0.025	3.299
<b>Antillano inoculado</b>	(c)0.705	0.044	6.258
<b>Mexicano control</b>	(A)0.797	0.038	4.730
<b>Mexicano inoculado</b>	(a)0.751	0.062	8.285
<b>‘Nabal’ control</b>	(B)0.780	0.024	3.129
<b>‘Nabal’ inoculado</b>	(b)0.727	0.049	6.748
<b>‘Zutano’ control</b>	(B)0.774	0.016	2.100
<b>‘Zutano’ inoculado</b>	(b)0.735	0.042	5.706

*sd*: desviación estandar; *cv*: coeficiente de variabilidad donde:

$$cv = \left( \frac{sd}{media} \right) 100 \%$$

\*Las letras mayúsculas y minúsculas junto a los valores, indican que existe diferencia estadística significativa para cada patrón inoculado y su respectivo control (t-students P=0.05).

\*Las letras iguales junto a los valores indican que no existe diferencia estadística significativa (Tukey P=0.05).

La prueba de Tukey (P=0.05) muestra que los cultivares ‘Nabal’ control y ‘Zutano’ control son los únicos que no presentaron diferencias estadísticas significativas para el cociente de la relación longitud de la raíz y peso seco de la raíz control. Cabe resaltar que el Mexicano presenta el mayor coeficiente de variabilidad, tanto para los tratamientos control (cv=4.730 %) como para los tratamientos inoculados (cv=8.285) . La figura 4.9.1 en la página siguiente ilustra la alta variabilidad de sus individuos, ambos pertenecen a la tercera evaluación (44 días después de inoculado) de los Mexicanos control, con diferencias marcadas en la producción de raíces, ver figura 4.9.2 en la página 51.



Figura 4.9.1.: *Persea americana drimifolia*, Mexicano control. Sistema radicular a la 3<sup>era</sup> evaluación (44 días después de inoculado), bajo condiciones de invernadero. La Molina-Lima. 2012.

En el mismo cuadro 4.9.1, muestra que el tratamiento Mexicano inoculado presentó el cociente más alto (0.751) de la relación longitud de la raíz/peso seco de la raíz de los patrones inoculados, el que indica mayor crecimiento de las raíces secundarias por acumulación de materia seca, ver figura 4.10.3 en la página 55. Sin embargo, presentó un alto coeficiente de variabilidad (cv=8.285%), la figura 4.9.1 ilustra la alta variabilidad de sus individuos.

Los valores intermedios lo tienen los tratamientos ‘Zutano’ inoculado y ‘Nabal’ inoculado (0.735 y 0.727 respectivamente). Mientras el Antillano inoculado tuvo el cociente más bajo (0.705) el cual refleja el deterioro de las raíces secundarias a causa de la infección causada por el oomiceto, ver figura 4.10.2 en la página 54. La prueba de Tukey (P=0.05) muestra que ‘Zutano’

inoculado y ‘Nabal’ inoculado son los únicos que no presentaron diferencias significativas para la relación longitud de la raíz/peso seco de la raíz, de los patrones inoculados. Ver figura 4.9.2.

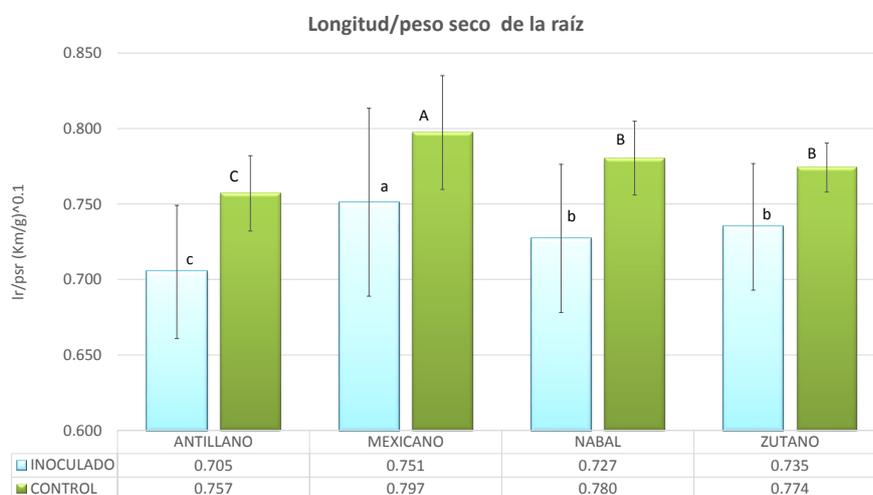


Figura 4.9.2.: Media de la relación longitud de la raíz/pesos seco de la raíz para cuatro patrones de *P. americana* inoculados con *P. cinnamomi*. La Molina-Lima. 2012.

\*Las letras mayúsculas y minúsculas junto a los valores, indican que existe diferencia estadística significativa para cada patrón inoculado y su respectivo control (t-students  $P=0.05$ ).

\*Las letras iguales junto a los valores indican que no existe diferencia estadística significativa (Tukey  $P=0.05$ ).

#### 4.10. PORCENTAJE DEL DAÑO A LA RAÍZ

La figura 4.10.1 en la página 53, muestra la tendencia progresiva ascendente de la enfermedad para cuatro patrones de *P. americana* inoculados con *P. cinnamomi*; donde el Antillano inoculado sufrió daño severo desde la primera evaluación a los 15 días después de inoculado (ddi), mientras que para el Mexicano inoculado el daño se magnificó a los 60 días después de inoculado (ddi), cuando se sobresaturó el sustrato por segunda vez (a los 53 días después de inoculado); ‘Zutano’ presentó el segundo mejor comportamiento (después de el Mexicano), pese a presentar síntomas visibles desde la

primera evaluación (15 días después de inoculado), el progreso de la enfermedad mantuvo el mismo promedio entre la 2<sup>da</sup> evaluación (60 días después de inoculado) hasta los 6<sup>ta</sup> evaluación (109 días después de inoculado) para colapsar completamente a los 141 días después de inoculado; mientras que ‘Nabal’ la manifestación de la enfermedad se presentó de forma ascendente y progresiva.

Las figuras: 4.10.2, 4.10.3, 4.10.4 y 4.10.5, son un complemento visual de la figura 4.10.1 en la página siguiente, en el que se observa el progreso de la enfermedad causada por el oomiceto. Para mayor información revisar los anexos G.

El cuadro 4.10.1 muestra que Mexicano inoculado presentó la media más baja (0.862) y el coeficiente de variabilidad más alto (cv=11.909 %) para el parámetro daño a la raíz, el que indica su alta heterogeneidad. Los valores intermedios lo tiene el patrón ‘Zutano’ inoculado y ‘Nabal’ inoculado (0.894 y 0.908 respectivamente). Mientras el Antillano inoculado tuvo la media más alta (0.959) y el coeficiente de variabilidad más bajo (cv=4.412 %) el que refleja la sensibilidad a la enfermedad causada por el oomiceto. La prueba de Tukey (P=0.05) muestra que ‘Zutano’ inoculado y ‘Nabal’ inoculado son los únicos que no presentaron diferencias estadísticas significativas.

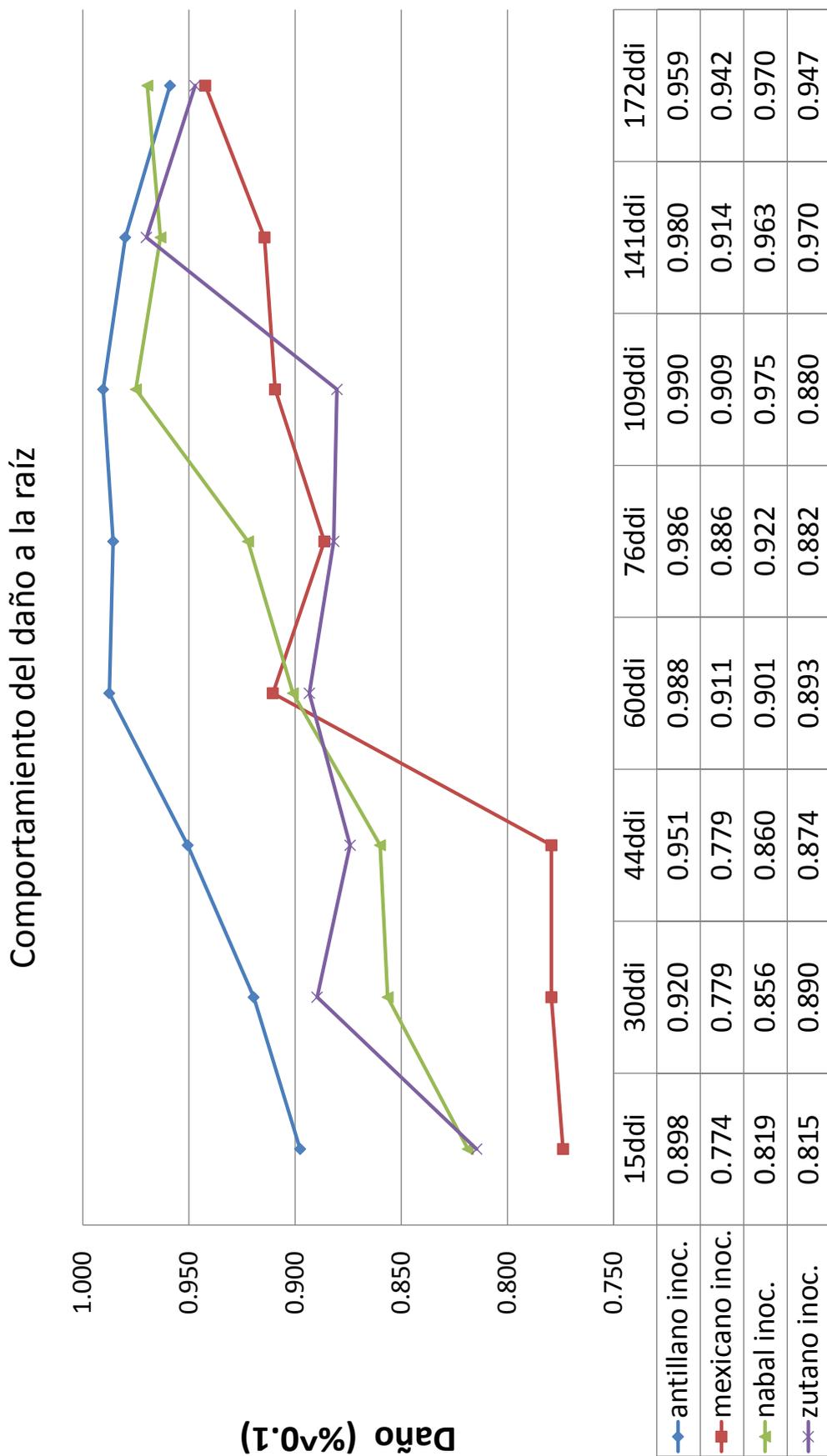
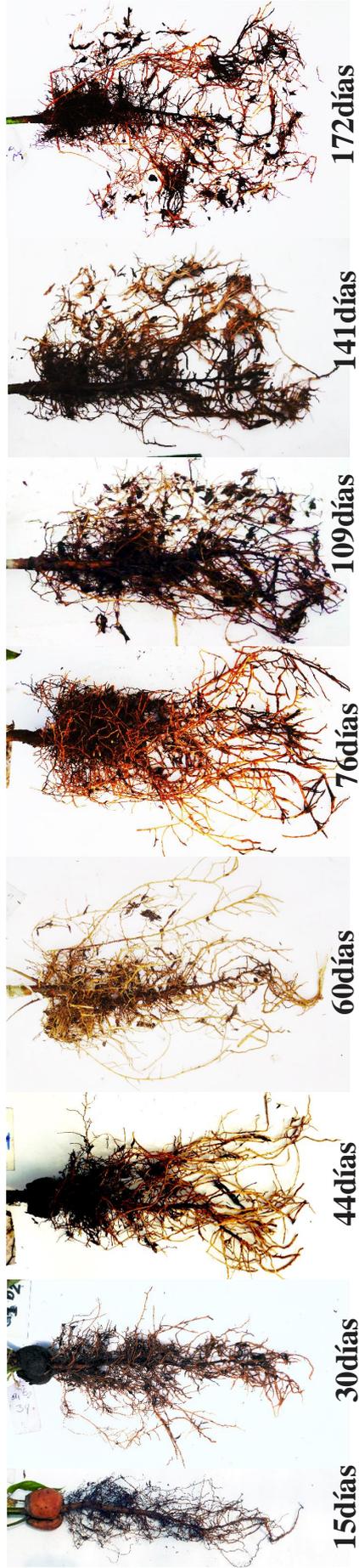


Figura 4.10.1.: Comportamiento del daño a la raíz ( $\%^{0.1}$ ) en el tiempo para cuatro patrones de *P. americana* inoculados con *P. cinnamomi*, bajo condiciones de invernadero. La Molina-Lima. 2012.



Antillano control (No inoculado)

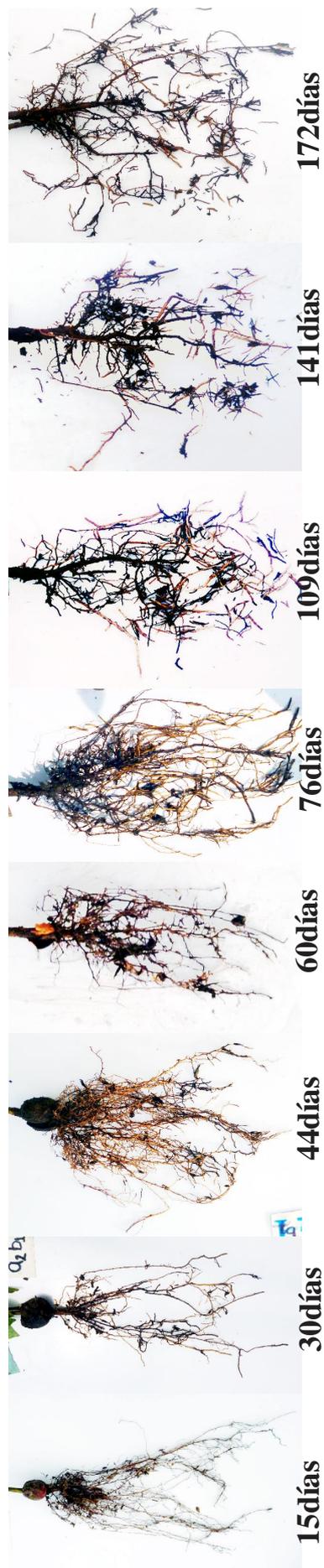


Antillano inoculado

Figura 4.10.2.: Evaluación de *Persea americana americana*, Antillano, días después de inoculado con *Phytophthora cinnamomi*, y su respectivo control, bajo condiciones de invernadero. La Molina-Lima. 2012.



Mexicano control (No inoculado)



Mexicano inoculado

Figura 4.10.3.: Evaluación de *Persea americana drimifolia*, Mexicano, días después de inoculado con *Phytophthora cinnamomi*, y su respectivo control, bajo condiciones de invernadero. La Molina-Lima. 2012.

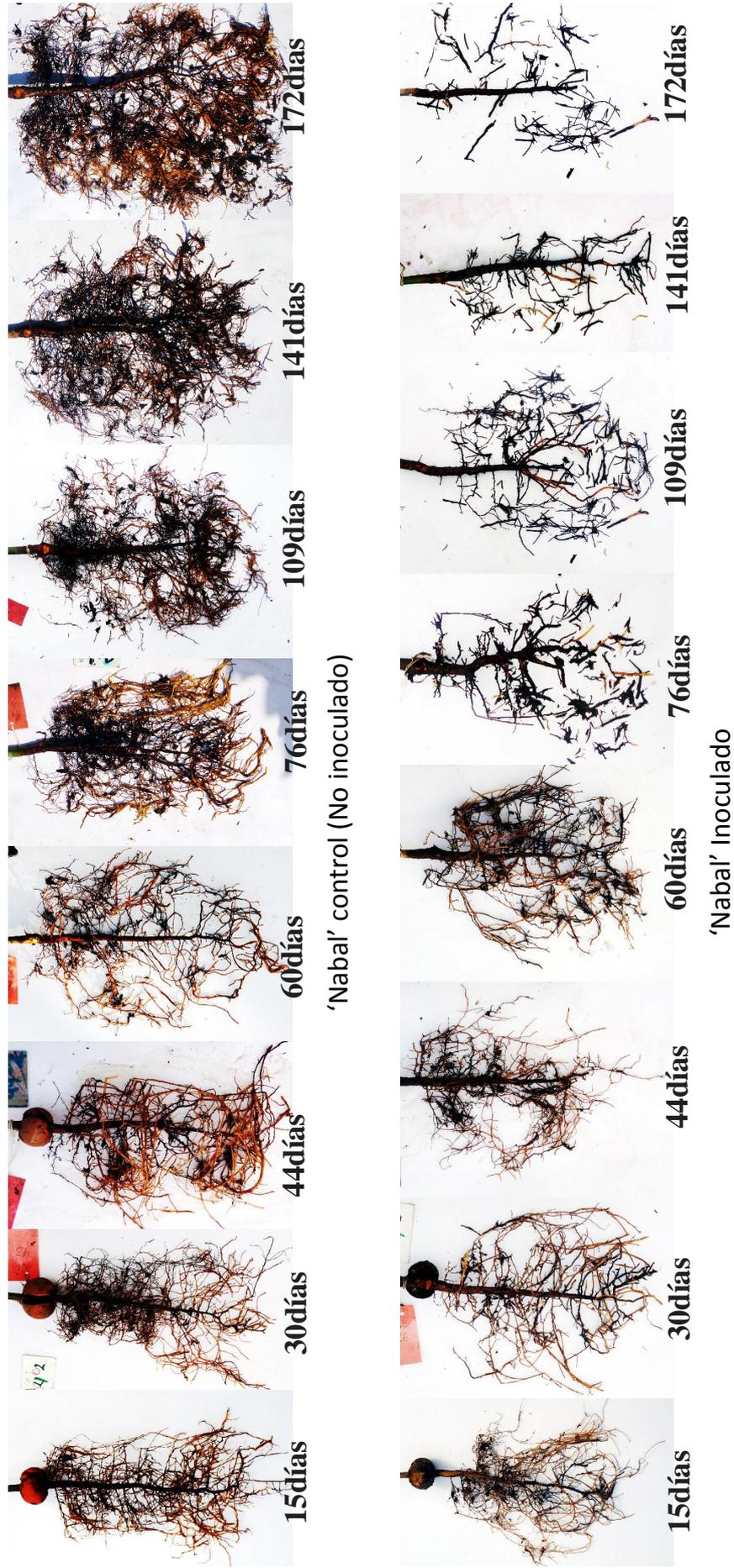


Figura 4.10.4.: Evaluación de *Persea americana* cv 'Nabal', días después de inoculado con *Phytophthora cinnamomi*, y su respectivo control, bajo condiciones de invernadero. La Molina-Lima. 2012.



'Zutano' control (No inoculado)



'Zutano' inoculado

Figura 4.10.5.: Evaluación de *Persea americana* cv 'Zutano', días después de inoculado con *Phytophthora cinnamomi*, y su respectivo control, bajo condiciones de invernadero. La Molina-Lima. 2012.

Cuadro 4.10.1.: Media del daño a la raíz (%<sup>0.1</sup>) para cuatro patrones de *P. americana* inoculados con *P. cinnamomi*. La Molina-Lima. 2012.

Tratamiento	media	sd	cv%
<b>Antillano inoculado</b>	(a)0.959	0.042	4.412
<b>Mexicano inoculado</b>	(c)0.862	0.103	11.909
<b>'Nabal' inoculado</b>	(b)0.908	0.069	7.613
<b>'Zutano' inoculado</b>	(b)0.894	0.064	7.125

sd: desviación estandar; cv: coeficiente de variabilidad donde:

$$cv = \left( \frac{sd}{media} \right) 100 \%$$

\*Las letras iguales junto a los valores indican que no existe diferencia estadística significativa (Tukey P=0.05).

El Mexicano inoculado pese a tener una mayor desviación estandar; al realizar la prueba de comparación de medias, Mexicano se diferencio estadísticamente de los demás tratamientos. Mientras que 'Zutano', con quien está más emparentado genéticamente, presentó un mayor grado de uniformidad (cv=7.125 %), pero mayor sensibilidad de la media. Según la prueba de Tukey (P=0.05), Mexicano inoculado y 'Zutano' inoculado son significativamente diferentes, ver figura 4.10.6.

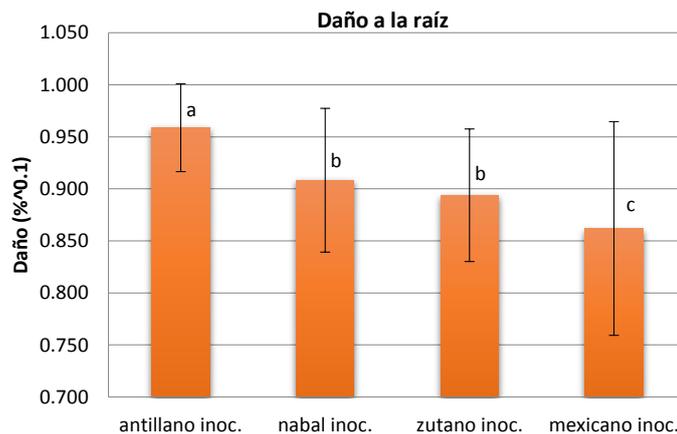


Figura 4.10.6.: Media del daño a la raíz (%<sup>0.1</sup>) para cuatro patrones de *P. americana* inoculados con *P. cinnamomi*. La Molina-Lima. 2012.

\*Las letras iguales junto a los valores indican que no existe diferencia estadística significativa (Tukey P=0.05).

#### 4.11. DAÑO A LA RAÍZ/PESO SECO DE LA RAÍZ (daño/psr)

El cuadro 4.11.1 muestra que el Antillano inoculado fue el único que presentó diferencias estadísticas significativas y tiene el mayor promedio para la relación daño a la raíz/peso de la raíz (0.717) y un coeficiente de variabilidad bajo ( $cv=5.811\%$ ), el que evidencia su alta sensibilidad a la enfermedad ocasionada por el oomiceto. Prueba de Tukey ( $P=0.05$ ).

Cuadro 4.11.1.: Media de la relación daño a la raíz/peso seco de la raíz inoculado, para cuatro patrones de *P. americana* inoculados con *P. cinnamomi*. La Molina-Lima. 2012.

<b>Tratamiento</b>	<i>media</i>	<i>sd</i>	<i>cv%</i>
<b>Antillano inoculado</b>	(a)0.717	0.042	5.811
<b>Mexicano inoculado</b>	(b)0.648	0.084	12.963
<b>‘Nabal’ inoculado</b>	(b)0.670	0.052	7.762
<b>‘Zutano’ inoculado</b>	(b)0.655	0.048	7.395

*sd*: desviación estandar; *cv*: coeficiente de variabilidad donde:

$$cv = \left( \frac{sd}{media} \right) 100\%$$

\*Las letras iguales junto a los valores indican que no existe diferencia estadística significativa (Tukey  $P=0.05$ ).

Los tratamientos Mexicano inoculado, ‘Zutano’ inoculado y ‘Nabal’ inoculado (0.648, 0.655 y 0.670 respectivamente) según la prueba de Tukey ( $P=0.05$ ) no presentan diferencias significativas. Sin embargo, cabe precisar que los dos primeros están más emparentados. Pero con una clara diferencia, el Mexicano inoculado presentó una elevada heterogeneidad ( $cv=12.963\%$ ). Mientras que el segundo evidencia un mayor grado de homogeneidad ( $cv=7.395\%$ ), ver figura 4.11.1 en la página siguiente.

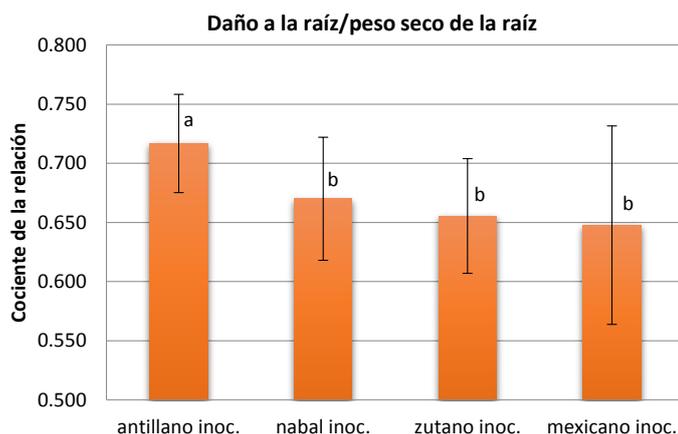


Figura 4.11.1.: Media de relación del daño a la raíz/peso seco para cuatro patrones de *P. americana* inoculados con *P. cinnamomi*. La Molina-Lima. 2012.

\*Las letras iguales junto a los valores indican que no existe diferencia estadística significativa (Tukey  $P=0.05$ ).

#### 4.12. DAÑO A LA RAÍZ/ LONGITUD DE RAÍZ (daño/lr)

El cuadro 4.12.1 muestra que el Antillano inoculado es significativamente diferente a los demás tratamientos, presentó para este parámetro el mayor promedio (1.023) y una alta homogeneidad ( $cv=10.901\%$ ), el que evidencia su alta sensibilidad a la enfermedad ocasionada por el oomiceto. Mientras que ‘Zutano’ inoculado y ‘Nabal’ inoculado (0.897 y 0.928 respectivamente), Según la misma prueba (Tukey  $P=0.05$ ) no presentan diferencias estadísticas significativas, pero sí, Mexicano inoculado y ‘Nabal’ inoculado.

Cuadro 4.12.1.: Media de la relación del daño a la raíz/longitud de la raíz para cuatro patrones de *P. americana* inoculados con *P. cinnamomi*. La Molina-Lima. 2012.

Tratamiento	media	sd	cv %
Antillano inoculado	(a)1.023	0.112	10.901
Mexicano inoculado	(c)0.869	0.138	15.893
‘Nabal’ inoculado	(b)0.928	0.116	12.465
‘Zutano’ inoculado	(bc)0.897	0.110	12.218

sd: desviación estandar; cv: coeficiente de variabilidad donde:

$$cv = \left(\frac{sd}{media}\right)100\%$$

\*Las letras iguales junto a los valores indican que no existe diferencia estadística significativa (Tukey P=0.05).

Los tratamientos Mexicano inoculado y ‘Zutano’ inoculado (0.869 y 0.897 respectivamente) según la prueba de Tukey (P=0.05) no presentan diferencias estadísticas significativas. Sin embargo, cabe precisar que estos están más emparentados. Pero con una clara diferencia, el Mexicano inoculado presentó una elevada heterogeneidad (cv=15.893 %). Mientras que el segundo evidencia un mayor grado de homogeneidad (cv=12.218 %), ver figura 4.12.1.

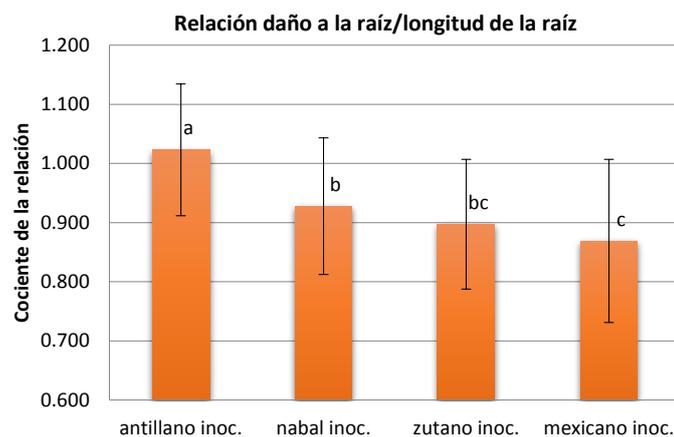


Figura 4.12.1.: Media de la relación del daño a la raíz/longitud de raíz para cuatro patrones de *P. americana* inoculados con *P. cinnamomi*. La Molina-Lima. 2012.

\*Las letras iguales junto a los valores indican que no existe diferencia estadística significativa (Tukey P=0.05).

#### 4.13. ÍNDICE DE SENSIBILIDAD DEL PESO FRESCO DE LA RAÍZ (IDSpfr)

El cuadro 4.13.1 muestra los resultados del índice de sensibilidad del peso fresco de la raíz (*IDSpfr*) de cada patrón a la pudrición radicular causada por *Phytophthora cinnamomi*, los que están ubicados en el eje de las ordenadas (*Y*). Donde el mejor comportamiento lo tuvo ‘Nabal’, Mexicano, ‘Zutano’ (0.414, 0.557 y 0.575 respectivamente) y una marcada sensibilidad para el Antillano (1.070) al tener el *IDSpfr* >1, el que refleja su sensibilidad al evaluar el parámetro peso fresco de la raíz.

El cociente de dividir la media del peso fresco de la raíz del patrón inoculado sobre la media del control, es decir  $s_i$  y  $z_i$  ( $\frac{s_i}{z_i}$ ), será representado por el eje de las abscisas (*X*), donde el mejor cociente lo tuvo ‘Nabal’, Mexicano, ‘Zutano’ y Antillano (0.969, 0.958, 0.957 y 0.921 respectivamente).

Cuadro 4.13.1.: Puntos en el eje cartesiano del peso fresco de la raíz, para cuatro patrones de *P. americana* inoculados con *P. cinnamomi*. La Molina-Lima. 2012.

<i>Persea americana</i>	$\frac{s_i}{z_i}$ ...( <i>X</i> )	<i>IDSpfr</i> ...( <i>Y</i> )
<b>Antillano</b>	0.921	1.070
<b>Mexicano</b>	0.958	0.557
<b>‘Nabal’</b>	0.969	0.414
<b>‘Zutano’</b>	0.957	0.575

La figura 4.13.1 en la página siguiente, muestra la interacción del índice de sensibilidad del peso fresco de la raíz y el cociente de dividir las medias del peso seco de la raíz del patrón inoculado sobre la media del control. El patrón ‘Nabal’ tiene el valor más bajo para el eje de las ordenadas (*Y*), y el más alto para el eje de las abscisas (*X*), indican una mejor reacción an-

te la enfermedad causada por el oomiceto, seguido de Mexicano, ‘Zutano’ y finalmente el más sensible fue Antillano.

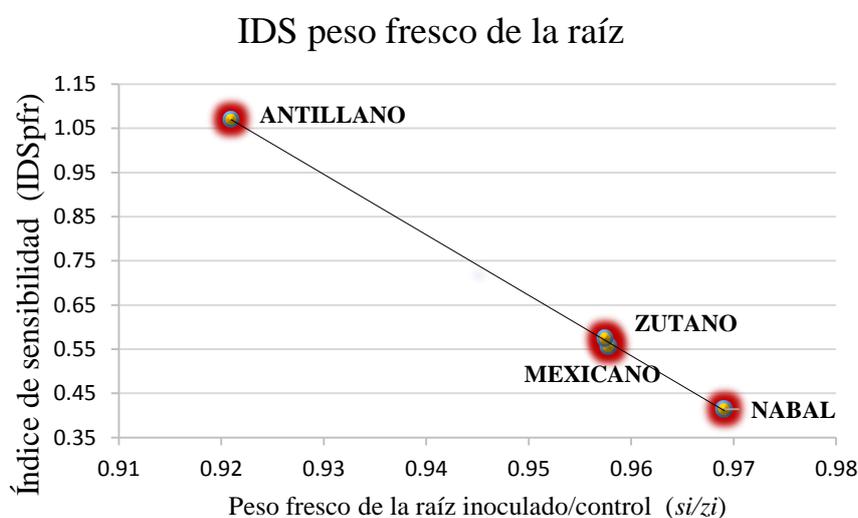


Figura 4.13.1.: Relación del índice de sensibilidad del peso fresco de la raíz y el cociente de las medias del peso fresco de la raíz de *P. americana* inoculado con *P. cinnamomi* y la media del control. La Molina-Lima. 2012.

\*( $R^2 = 0,9996$ )

#### 4.14. ÍNDICE DE SENSIBILIDAD DEL PESO DEL AGUA DE LA RAÍZ (IDSpar)

El cuadro 4.14.1 muestra los resultados del índice de sensibilidad del peso del agua de la raíz (*IDSpar*) de cada patrón a la pudrición radicular causada por *Phytophthora cinnamomi*, los que están ubicados en el eje de las ordenadas (Y). Donde el mejor comportamiento lo tuvo ‘Nabal’ ‘Zutano’, Mexicano, (0.443, 0.853, 0.888 respectivamente) y una marcada sensibilidad para el Antillano (1.755) al tener el *IDSpar* >1, el que refleja su sensibilidad al evaluar el parámetro peso del agua de la raíz.

El cociente de dividir la media del peso del agua de la raíz del patrón inoculado sobre la media del control, es decir  $s_i$  y  $z_i$  ( $\frac{s_i}{z_i}$ ), serán representado por el eje de las abscisas (X), donde el mejor cociente lo tuvo ‘Nabal’, ‘Zutano’, Mexicano y Antillano (0.964, 0.932, 0.927 y 0.861 respectivamente).

Cuadro 4.14.1.: Puntos en el eje cartesiano del peso del agua de la raíz, para cuatro patrones de *P. americana* inoculados con *P. cinnamomi*. La Molina-Lima. 2012.

<i>Persea americana</i>	$\frac{s_i}{z_i}$ ... (X)	<i>IDSpar</i> ... (Y)
<b>Antillano</b>	0.861	1.755
<b>Mexicano</b>	0.927	0.888
<b>‘Nabal’</b>	0.964	0.443
<b>‘Zutano’</b>	0.932	0.853

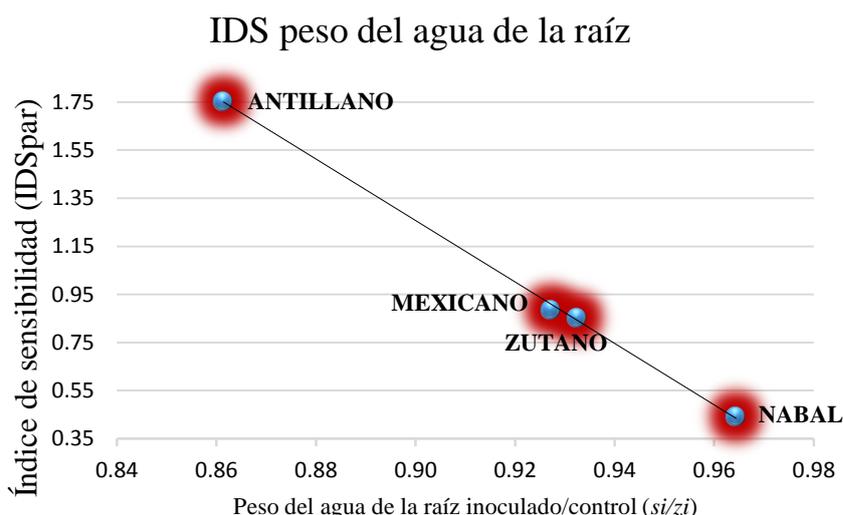


Figura 4.14.1.: Relación del índice de sensibilidad del peso del agua de la raíz y el cociente de las medias del peso seco de la raíz de *P. americana* inoculado con *P. cinnamomi* y la media del control. La Molina-Lima. 2012.

\*( $R^2 = 0,9992$ )

La figura 4.14.1, muestra la interacción del índice de sensibilidad del peso del agua de la raíz y el cociente de dividir las medias del peso del agua de la raíz del patrón inoculado sobre la media del control. El patrón ‘Nabal’ tiene el valor más bajo para el eje de las ordenadas (Y), y el más alto para

para el eje de las abscisas ( $X$ ), indican una mejor reacción ante la enfermedad causada por el oomiceto, seguido de ‘Zutano’, Mexicano y finalmente el más sensible fue Antillano.

#### 4.15. ÍNDICE DE SENSIBILIDAD DEL PESO SECO DE LA RAÍZ ( $IDS_{psr}$ )

El cuadro 4.15.1 muestra los resultados del índice de sensibilidad del peso seco de la raíz ( $IDS_{psr}$ ) de cada patrón a la pudrición radicular causada por *Phytophthora cinnamomi*, los que están ubicados en el eje de las ordenadas ( $Y$ ). Donde el mejor comportamiento lo tuvo ‘Zutano’, Mexicano, ‘Nabal’ (0.764, 0.838 y 0.874 respectivamente) y una marcada sensibilidad para el Antillano (1.518) al tener el  $IDS_{psr} > 1$ , el que refleja su sensibilidad al evaluar el parámetro peso seco de la raíz.

El cociente de dividir la media del peso seco de la raíz del patrón inoculado sobre la media del control, es decir  $s_i$  y  $z_i$  ( $\frac{s_i}{z_i}$ ), será representado por el eje de las abscisas ( $X$ ), donde el mejor cociente lo tuvo ‘Zutano’, Mexicano, ‘Nabal’ y Antillano (0.978, 0.975, 0.974 y 0.955 respectivamente).

Cuadro 4.15.1.: Puntos en el eje cartesiano del peso seco de la raíz, para cuatro patrones de *P. americana* inoculados con *P. cinnamomi*. La Molina-Lima. 2012.

<i>Persea americana</i>	$\frac{s_i}{z_i} \dots(X)$	$IDS_{psr} \dots(Y)$
<b>Antillano</b>	0.955	1.518
<b>Mexicano</b>	0.975	0.838
<b>‘Nabal’</b>	0.974	0.874
<b>‘Zutano’</b>	0.978	0.764

La figura 4.15.1 en la página siguiente, muestra la interacción del índice de sensibilidad del peso seco de la raíz y el cociente de dividir las medias

del peso seco de la raíz del patrón inoculado sobre la media del control. El patrón ‘Zutano’ tiene el valor más bajo para el eje de las ordenadas (Y), y el más alto para para el eje de las abscisas (X), indican una mejor reacción ante la enfermedad causada por el oomiceto, seguido de Mexicano, ‘Nabal’ y finalmente el más sensible fue Antillano.

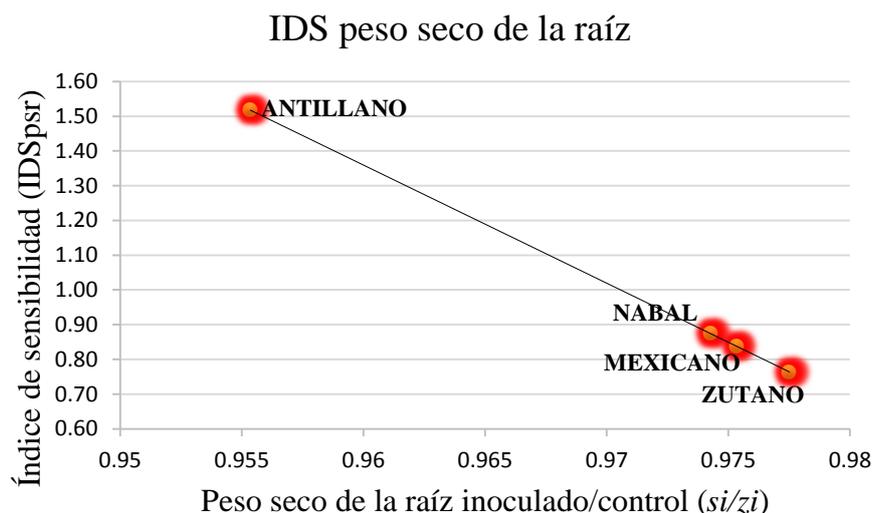


Figura 4.15.1.: Relación del índice de sensibilidad del peso seco de la raíz y el cociente de las medias del peso seco de la raíz de *P. americana* inoculado con *P. cinnamomi* y la media del control. La Molina-Lima. 2012.

\* $R^2 = 1$

#### 4.16. ÍNDICE DE SENSIBILIDAD DE LA LONGITUD DE RAÍZ (IDS<sub>lr</sub>)

El cuadro 4.16.1 muestra los resultados del índice de sensibilidad de la longitud de raíz (*IDS<sub>lr</sub>*) de cada patrón a la pudrición radicular causada por *Phytophthora cinnamomi*, los que están ubicados en el eje de las ordenadas (Y). Donde el mejor comportamiento lo tuvo ‘Zutano’ (0.812), seguido de Mexicano (0.927), ‘Nabal’ (1.040) y finalmente Antillano (1.226), estos dos últimos el *IDS<sub>lr</sub>* >1, el que refleja su sensibilidad al evaluar el parámetro

longitud de la raíz.

El cociente de dividir la media de la longitud de la raíz del patrón inoculado sobre la media del control, es decir  $s_i$  y  $z_i$  ( $\frac{s_i}{z_i}$ ), será representado por el eje de las abscisas ( $X$ ), donde el mejor cociente lo tuvo ‘Zutano’, Mexicano, ‘Nabal’ y Antillano (0.928, 0.917, 0.907 y 0.891 respectivamente).

Cuadro 4.16.1.: Puntos en el eje cartesiano de la longitud de la raíz, para cuatro patrones de *P. americana* inoculados con *P. cinnamomi*. La Molina-Lima. 2012.

<i>Persea americana</i>	$\frac{s_i}{z_i}$ ...( $X$ )	<i>IDSlr</i> ...( $Y$ )
<b>Antillano</b>	0.891	1.226
<b>Mexicano</b>	0.917	0.927
<b>‘Nabal’</b>	0.907	1.040
<b>‘Zutano’</b>	0.928	0.812

La figura 4.16.1 en la página siguiente, muestra la interacción del índice de sensibilidad de la longitud de la raíz y el cociente de dividir las medias del peso seco de la raíz del patrón inoculado sobre la media del control. El patrón ‘Zutano’ tiene el valor más bajo para el eje de las ordenadas ( $Y$ ), y el más alto para para el eje de las abscisas ( $X$ ), el que indica una mejor reacción ante la enfermedad causada por el oomiceto, seguido de Mexicano, ‘Nabal’ y finalmente el más sensible fue Antillano.

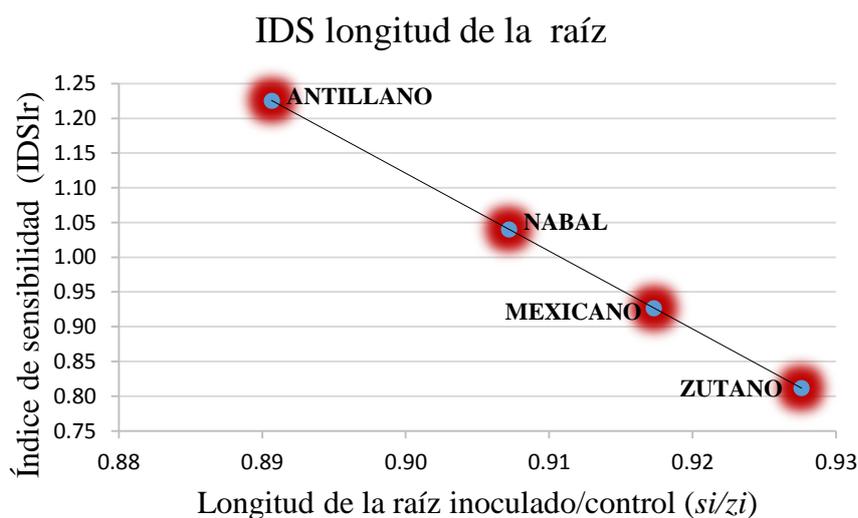


Figura 4.16.1.: Relación del índice de sensibilidad de la longitud de la raíz y el cociente de las medias de la longitud de la raíz de *P. americana* inoculado con *P. cinnamomi* y la media del control. La Molina-Lima. 2012.

\* $R^2 = 1$

#### 4.17. ÍNDICE DE SENSIBILIDAD DEL DAÑO A LA RAÍZ (IDSdaño)

El cuadro 4.17.1 muestra los resultados del índice de sensibilidad del daño a la raíz (*IDSdaño*) de cada patrón a la pudrición radicular causada por *Phytophthora cinnamomi*, los que están ubicados en el eje de las ordenadas (Y). Donde el mejor comportamiento lo tuvo Mexicano (0.862), seguido de ‘Zutano’ (0.894), ‘Nabal’ (0.908) y finalmente Antillano (0.959).

Las medias del daño a la raíz de *P. americana* inoculado, es decir  $s_i$ , está representado por el eje de las abscisas (X), donde el mejor promedio lo tuvo Mexicano, ‘Zutano’, ‘Nabal’ y Antillano (0.862, 0.894, 0.908 y 0.959 respectivamente).

Cuadro 4.17.1.: Puntos en el eje de coordenadas del daño a la raíz, para cuatro patrones de *P. americana* inoculados con *P. cinnamomi*. La Molina-Lima. 2012.

<i>Persea americana</i>	Daño ...( <i>X</i> )	<i>IDS</i> daño ...( <i>Y</i> )
<b>Antillano</b>	0.959	0.265
<b>Mexicano</b>	0.862	0.238
<b>‘Nabal’</b>	0.908	0.251
<b>‘Zutano’</b>	0.894	0.247

La figura 4.17.1, muestra la interacción del índice de sensibilidad del daño a la raíz (*IDS*daño) y el daño a la raíz. El patrón Mexicano tiene el valor más bajo tanto para el eje de la abscisas (*X*) como para el eje de las ordenadas (*Y*), seguido de ‘Zutano’, ‘Nabal’ y finalmente el más sensible fue Antillano.

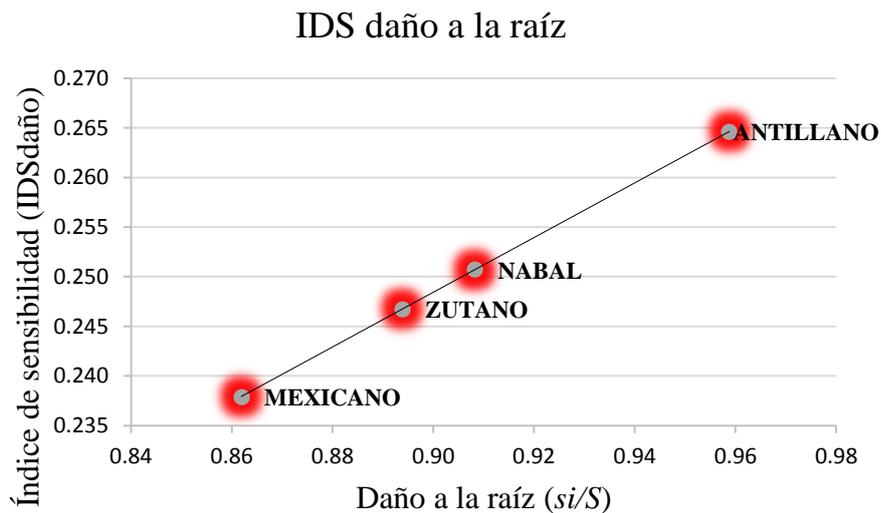


Figura 4.17.1.: Relación del índice de sensibilidad del daño a la raíz y el daño a la raíz de *P. americana* inoculado con *P. cinnamomi*. La Molina-Lima. 2012.

\* $R^2 = 1$

Los parámetros índice de sensibilidad de *Persea americana* a la pudrición radicular causada por *Phytophthora cinnamomi*, es una herramienta que resume cada parámetro, y la gráfica del plano cartesiano ilustra los resultados; en ella se traza una recta perfecta para el *IDS**spr*, *IDS**lr* e *IDS*daño; y otra casi perfecta para el *IDS**pfr* e *IDS**par*.

## V. DISCUSIÓN.

Para los parámetros evaluados: peso fresco de la raíz (pfr), peso seco de la raíz (psr), peso del agua de la raíz (par), longitud de la raíz (lr), daño a la raíz (daño), todos los patrones de *Persea americana* evaluados fueron afectados al ser inoculados con *Phytophthora cinnamomi*, siendo *Persea americana americana*, Antillano, el más sensible de los patrones evaluados. La susceptibilidad encontrada en el Antillano, concuerda con lo reportado Zentmyer (1976); Barrientos y López (1998); Pegg et. al. (2002). Para todos los parámetros evaluados Antillano presentó el peor comportamiento ante el patógeno.

El patrón con el mejor promedio ante la pudrición radicular causada por *Phytophthora cinnamomi* según el parámetro daño a la raíz, fue *Persea americana drimifolia*, Mexicano, confirma lo reportado (*ob.cit*). Sin embargo, presentó la mayor desviación estándar para el daño a la raíz, y el cociente de la longitud de la raíz sobre el peso seco de la raíz (psr/lr), ver cuadro 4.9.1 en la página 49, donde los cultivares ‘Zutano’ y ‘Nabal’ presentaron un menor coeficiente de variabilidad para los tratamientos control; y con excepción del Antillano, también variaron menos bajo la presión de *Phytophthora cinnamomi*; lo que demuestra que dichos cultivares son más homogéneos que Me-

xicano, ver figura 4.9.1 en la página 50. Cabe precisar que Antillano mostró un declive notario para todas repeticiones, de allí que presenta un bajo coeficiente de variabilidad. Además, de todos los patrones evaluados, Mexicano acumuló menor cantidad de materia seca en la raíz (psr), el que evidencia su lento ritmo de crecimiento, ver figura 4.3.1 en la página 40, donde se observa la media del crecimiento comparado con los demás patrones. Esto coincide con lo reportado por Zentmyer, (1976); Pegg et. al. (2002). Sin embargo, la raza Mexicana presenta los mejores individuos para trabajos de selección y mejoramiento genético como se demostró cuando se evaluó el parámetro daño a la raíz, ver figura 4.10.6 en la página 58.

El cultivar ‘Zutano’ es de nuestros tratamientos el que mejor ritmo de crecimiento del sistema radicular presentó, característica muy apreciada por los viveristas. Al evaluar el parámetro peso seco de la raíz, es el que junto al Antillano presentó la mayor acumulación de materia seca. Sin embargo, este último sufrió mayor variación con respecto a su par inoculado. En la figura 4.15.1 en la página 66 se observa la acumulación de materia seca, ventajas encontrada en el patrón ‘Zutano’; pero al evaluar el daño a la raíz, presentó la segunda mejor respuesta a la pudrición radicular causada por *P. cinnamomi*, Bender (2012) reportó la sensibilidad de ‘Zutano’ a la enfermedad causada por el oomiceto, el presente trabajo busca cuantifica el grado de resistencia, y proponer un marco de referencia con respecto a los grupos más amplios como lo son: Los Antillanos y los Mexicano, además de un Guatemalteco de características intermedias.

Al evaluar la longitud de las raíces, los patrones Mexicano, ‘Nabal’ y ‘Zutano’ presentaron el mismo promedio tanto para el control como para el inoculado, diferenciándose notablemente del Antillano, este patrón mantiene un ritmo de crecimiento y distribución de las raíces secundarias muy particular, ver figura 4.10.2 en la página 54, se observa que las raíces secundarias del control que nacen de la raíz pivotante son cortas y gruesas comparada a los demás patrones, de tal manera que intentan llenar el espacio próximo a la médula, esto ocurre hasta la 5<sup>ta</sup> evaluación ( 76 días después de inoculado), donde luego en la misma figura se observa una reducción de la biomasa radicular, ello podría deberse a una restricción física de la maceta de siete litros de volumen. Del mismo modo, al hallar los ratios para el daño a la raíz sobre los parámetros peso seco de la raíz y la longitud de la raíz, Antillano presentó diferencias notables para con los demás patrones evaluados; y para el cociente del daño a la raíz sobre la longitud de la raíz tanto Mexicano como ‘Zutano’ no presentaron diferencias significativa; lo que refuerza la figura del índice de sensibilidad del daño a la raíz (IDSdaño), ver figura 4.17.1 en la página 69, de donde se deduce que la resistencia a *P. cinnamomi* guarda relación directa con la presencia de caracteres Mexicanos; el patrón Mexicano presentó la mejor respuesta ante la enfermedad seguido de ‘Zutano’, quienes por su condición de pertenecer a *Persea americana drimifolia* respondieron mejor ante la enfermedad causada por el oomiceto, que el híbrido ‘Nabal’, híbrido con mayores caracteres de *Persea americana guatemalensis*. En la misma figura, IDSdaño, y en el índice de sensibilidad de la longitud de la raíz (IDS<sub>lr</sub>), ver figura 4.16.1 en la página 68, ‘Nabal’ se ubica en una posición equidistante a los Antillanos y Mexicanos; representación matemática que concuerdan con las características intermedias reportado para la raza Guatemalteca por

Zentmyer (1976), Barrientos y López (1998), y Pegg et. al. (2002).

El cultivar ‘Nabal’ es el que mejor respondió al evaluar los parámetros peso fresco de la raíz y peso del agua de la raíz (humedad relativa de la raíz) se observa que es el patrón que menor variación sufrió con respecto a su control, y además presentó para ambos casos el mejor promedio. Por otro lado, el patrón Antillano es el que mayor peso del agua de la raíz acumuló como control, pero también fue el que mayor variación sufrió al ser inoculado con *P. cinnamomi*; Se observa, que el Antillano ante la enfermedad rápidamente se desorganiza y las células colapsan. Las gráficas que mejor ilustran estos parámetros son: el índice de sensibilidad para el peso fresco de la raíz (ver figura 4.13.1 en la página 63), y el índice de sensibilidad para el peso del agua de la raíz (ver figura 4.14.1 en la página 64), donde ‘Nabal’ presentó el mejor comportamiento para estos parámetros. Se deduce que ‘Nabal’ presenta una estrategia diferente, para contrarrestar el avance de la pudrición radicular causada por *P. cinnamomi*, a la encontrada tanto en el Mexicano como en ‘Zutano’.

De la figura 4.10.1 en la página 53, donde se observa el progreso de la enfermedad, se puede distinguir que el patrón Antillano se vio severamente afectado desde la primera evaluación 15 días después de inoculado (ddi), ver figura 4.10.2 en la página 54, mientras que tanto ‘Nabal’ como el grupo de los Mexicanos (‘Zutano’ y Mexicano) presentan estrategias diferentes para hacer frente a la pudrición radicular causada por el oomiceto. En la figura se observa el progreso de la enfermedad del patrón ‘Nabal’, donde el daño al sistema radicular se mantiene constante y ascendente; se deduce que las

células intentan contrarrestar el avance de la enfermedad de manera bioquímica, estrategia reportada por Bender et. al. (2012.), ver figura 4.10.4 en la página 56. Es decir, las raíces se esfuerzan por evitar desorganizarse y colapsar, lo que se cuantifica como pérdida del agua de la raíz, por lo que los daños causados por el oomiceto son graduales, hasta lograr el colapso celular completo. En la misma figura, se observa que la respuesta de ‘Zutano’ frente al oomiceto es inclusive peor que ‘Nabal’ para las primeras dos evaluaciones (15 y 30 ddi), para luego estabilizarse hasta los 109 ddi, para finalmente colapsar; en este patrón se observa la capacidad de suplir las raíces dañadas y un esfuerzo de vencer por competencia al patógeno; estrategia también reportada por Bender et. al. (2012), ver figura 4.10.5 en la página 57. Mientras que Mexicano, parece no sufrir mayor daño a causa del oomiceto hasta los 44 ddi para luego súbitamente colocarse por detrás del Antillano, y luego al igual que ‘Zutano’, busca estabilizarse y mantener el crecimiento del sistema radicular, y lo logra con relativo éxito hasta los 141 ddi, para finalmente colapsar, ver figura 4.10.3 en la página 55.

## VI. CONCLUSIONES.

- La mejor reacción a la pudrición radicular causada por *Phytophthora cinnamomi* según el índice de sensibilidad del daño a la raíz (*IDSdaño*) lo tuvo *Persea americana drimifolia*, Mexicano; mientras que *Persea americana americana*, Antillano, tuvo la peor respuesta para todos los parámetros evaluados.
- La mejor respuesta a la enfermedad, lo tienen los patrones con mayores caracteres Mexicano, se decir, los patrones Mexicano y ‘Zutano’ respectivamente. Mientras que los cultivares ‘Zutano’ y ‘Nabal’ son más homogéneos que las razas, características muy apreciadas por los viveristas; adicional a ello, ‘Zutano’ presentó mayor ritmo de crecimiento.

## VII. RECOMENDACIONES

- Para un mejor entendimiento de la respuesta de *Persea americana* a la pudrición radicular causada por *Phytophthora cinnamomi*, deberá de considerarse parámetros como: tasa fotosintética y transpiración de la planta, con el fin de conocer mejor sus comportamientos.
- En la actualidad existen equipos que permiten evaluar las raíces sin la necesidad de emplear los métodos destructivos, el cual sería de mucha ayuda en el estudio de un medio tan poco explorado como lo son las raíces.

## VIII. RESUMEN

Se evaluó la reacción de cuatro patrones de *Persea americana* (porta injerto), dos cultivares: ‘Nabal’ y ‘Zutano’; y dos razas: Antillano y Mexicano a la pudrición radicular causada por *Phytophthora cinnamomi*. El trabajo se realizó bajo condiciones de invernadero de la Universidad Nacional Agraria la Molina y se empleó el método de infección directa al sustrato. Las evaluaciones se realizaron a los 15, 30, 44, 60, 76, 109, 141 y 172 días después inoculado para los siguientes parámetros: peso fresco de la raíz (pfr), peso seco de la raíz (psr), peso del agua de la raíz (par), longitud de la raíz (lr), daño a la raíz (daño). El mejor promedio para el daño a la raíz lo tuvo Mexicano; mientras que el más sensible a la enfermedad causada por el oomiceto fue Antillano.

Palabra clave: *Persea americana*, *Phytophthora cinnamomi*, patrón.

## **IX. BIBLIOGRAFÍA**

1. Agencia Agraria de noticias. 2013. El Perú tendría 20 mil hectarias de 'Hass' en el 2017. (en línea) Lima-Perú. Consultado 20 Marzo del 2013. Disponible en <http://agraria.pe/noticias/peru-tendria-20-mil-has-de-palta-hass-en-2017>
2. Agrios, G. 2002. Fitopatología. 2da. edición. Editorial Limusa. México.p. 310-317.
3. Ahmad, R; Qadir S; Ahmad N; Hussain, K. 2003. Yield potential and stability of nine wheat varieties under water stress conditions. International Journal of Agriculture & Biology. 5(1)
4. Arenas Zamorano, Cynthia J. 1998. Evaluación de la incidencia y severidad de la enfermedad tristeza del palto causada por *Phytophthora cinnamomi* en plantas de palto cv. 'Mexícola' cultivadas en maceta, en relación a distintos períodos de inundación del suelo. Tesis licenciatura. Universidad nacional de Valparaíso. Quillota-Chile. (78p).
5. Bender, Gary. 2012. Avocado botany and commercial cultivars grown in California. In Avocado production in California a cultural handbook for growers. (Series Book One – Background Information). Bender, Gary;

- 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. 2-15.
6. Bender, Gary; Menge, Jhon y Arpaia, Mary. 2012. Avocado rootstocks. In Avocado production in California a cultural handbook for growers (series Book One – Background Information). Bender, Gary; 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.
  7. Ben Ya'acov, A; Michelson, E. 1995. Avocado rootstocks. The International Society for Horticultural Science. 17:381-429.
  8. Barrientos Priego, Alejandro F.; López López, Luis. 2001. Historia y genética del aguacate. México. p.109-116.
  9. Cahill, D. M y hardman, A. R. 1994. A dipstick immunoassay for the specific detection of *Phytophthora cinnamomi* in soil. *Phytopathology*. 84: 1284-1292.
  10. Castañeda Gonzales, Elba L. 2009. Búsqueda de portainjertos de aguacate tolerantes - resistentes a *Phytophthora cinnamomi* Rands. Tesis doctoral. colegio de postgraduados. Texcoco, México.p. 13-24.
  11. Ceja Torres, Luis F.; Téliz ortiz, Daniel; Osada kawasoe, S; Morales García, J. L. 2000. Etiología, distribución e incidencia del cancro del

- aguacate *Persea americana* Mill. en cuatro municipios del estado de Michoacán, México. *Revista Mexicana de Fitopatología*. 18(2): 79-86.
12. Drenth, André y Sendall, Barbara. 2001. Practical guide to detection and identification of *Phytophthora*. CRC for Tropical Plant Protection Brisbane. Australia. p 6-8, 20-35.
  13. Erwin, Donald C y Ribeiro Olaf K. 1996. *Phytophthora cinnamomi* Rands (1922) var. *cinnamomi*. *Phytophthora diseases worldwide*. p. 269-276.
  14. Flores, Mercedes y Vilcapoma, Graciela. 2008. Diversidad de angiospermas, guía de prácticas. Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad De Ciencias - Departamento De Biología. La Molina, Lima. pp. 9.
  15. Gardiazabal Irazabal, Francisco. 2001. Historia y desarrollo del palto en Chile. *California Avocado Society*. 85: 93-112.
  16. Gaufichona, L; Reisdorf Crena, M; Rothsteinc, S. J; Chardona, F; Suzuki, A. 2010. Biological functions of asparagine synthetase in plants. *Plant Science* 179: 141–153.
  17. Gazit, S. y Degani, C. Reproductive biology. In Whiley A. W; Schaffer, B; Wolstenholme, B. *The Avocado*. CABI publishing. p. 101-133.
  18. Georgi Jimenez, Karen I. 1993. Metodología para la evaluación de la incidencia y severidad de la enfermedad tristeza del palto, aislamiento, identificación y patogenicidad de cepas de *phytophthora* asociadas. Tesis. Universidad Católica de Valparaíso. Quillota, Chile. p. 12-42.

19. Griesbach, J. 2005. Avocado growing in Kenya. Published by World Agroforestry Centre (ICRAF) Nairobi, Kenya. p. 56-57.
20. Hardman, Adrienne. 2005. Pathogen prolife *Phytophthora cinnamomi*. *Molecular plant pathology* 6(6): 589 – 604.
21. Huamaní Apaza, Guillermo. 2007. Resistencia de *Capsicum* spp. a *Phytophthora capsici* León y ensayo de control con inductores químicos de resistencia. Tesis Magíster scientiae. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima- Perú. p. 11- 13.
22. Hwang, S. C; Ko, W. H. 1977. Biology of clamidospores, sporangia, and zoopores of *Phytophthora cinnamomi* in soil. *Phytopathology* 68: 726-731.
23. Ish Am, Gad. 2004. Nociones básicas sobre la polinización del aguacatero (Palto). Fundación Hofshi. Israel. s.p
24. Javier, Javier Alva, 1998. Fungicidas y enmiendas orgánicas en el control de *Phytophthora* spp. en limonero *Citrus aurantifolia* (L) Swingle injertado sobre *Citrus jambhiri* Lush. bajo riego tecnificado. Tesis magíster scientiae. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima. p. 29, 30 y 56.
25. Karnataka, J. 2008. Field screening of chickpea genotypes for drought resistance. *Journal of Agricultural Sciences*. 21(1):113-114
26. Khew, k. L y Zentmyer, G. A. 1973. Chemotactic response of zooporas of five species of *Phytophthora*. *Phytopathology* (1973), 1511-1517.
27. Kroon, Laurens P. N. M; Brouwer, Herw; W. A. M de Cock, Arthur; Francine Govers. 2011.

28. Lara Chávez, Ma. Blanca Nieves. 2008. Variabilidad fenotípica y patogénica de *Phytophthora cinnamomi* Rands en la franja aguacatera de Michoacahan, Mexico. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Nayarit. México.p. 4-10.
29. Lea, P. J y Sodek, L; Parry, M. A. J; Shewry, P.R y Halford, N.G. 2007. Asparagine in plants, *Annals of Applied Biology*. p.1-26.
30. Lemus, Gamalier; Ferreyra, Raúl; Pilar Gil; Maldonado, Patricio; Toledo, Carlos; Barrera, Cristián; Celedón de Andraca, José Miguel. 2005. Cultivo del palto. Instituto de investigación agropecuaria. Segunda edición. La Cruz-Chile. p. 28.
31. Lemus Espinoza, Fabian. 2009. sensibilidad de cepas de *Phytophthora cinnamomi* Rands a fungicidas. Tesis ing. Agrónomo. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Michoacan, México. p. 3-21.
32. Menge, John A. 2012. Strategies of control of avocado rot root. In *Avocado production in California a cultural handbook for growers (Book Two – Culture care)*. Bender, Gary; Menge, J; Faber, Ben A; Marsh, Rex E; Morse, Joseph G; Eskalen, Akif; Mark, Doddle; Platt, R, G y Salmon, Terrell P. Publication The University of California, Cooperative Extension, San Diego County and The California Avocado Society, Supported by the California Avocado Commission. Second edition. p 87. Fuente original. Coffey, M. D. 1992. *Phytophthora Root Rot of Avocado*. In *Plant Diseases of International Importance*, vol 3. Disease of Fruit Crops. J. Kumar, H. S. Chaube, U. S. Singh and A. N. Mukhopadhyay (eds.) Prentice Hall, Englewood Cliffs. pp. 423-444.

33. Menge, John A. 2012. Strategies of control of avocado root rot. In Avocado production in California a cultural handbook for growers (Book Two – Culture care). Bender, Gary; Menge, J; Faber, Ben A; Marsh, Rex E; Morse, Joseph G; Eskalen, Akif; Mark, Doddle; Platt, R, G y Salmon, Terrell P. Publication The University of California, Cooperative Extension, San Diego County and The California Avocado Society, Supported by the California Avocado Commission. Second edition. p 89-94.
34. Newett, S. D. E y Crane J. H y Balerdi, C. F. 2002. Cultivars and rootstocks. In Whiley A. W; Schaffer, B; Wolstenholme, B. The Avocado. CABI publishing. p. 161-187.
35. Marais, L; Menge, J; Bender, G; Faber, B. 2002. Phytophthora root rot. Avo Research. 2:1-2.
36. 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.
37. Pantoja, N. R. 1994. *Phytophthora capsici* León características morfológicas y culturales su efecto sobre tres cultivares de *Capsicum*, Control químico y con *Trichoderma viride* Pers. Tesis magíster scientiae. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima. 91p.
38. Pegg, K. G; Coates, L. M; Korsten, L y Harding, R. M. 2002. Foliar, fruit and soilborne diseases. In In Whiley A. W; Schaffer, B; Wolstenholme, B. The Avocado. CABI publishing. p. 299-338.

39. Rodríguez Guzmán, M. 2011. Biodiversidad de Los Hongos Fitopatógenos Del Suelo De México. Instituto de Fitosanidad Colegio de Postgraduados. Montecillos Chapingo. México. (24).
40. Sánchez Pérez, José de la Luz. 2007. Marcadores asociados a la resistencia del aguacate raza mexicana (*persea americana* Mill. Var. *drymifolia*) al oomiceto *phytophthora cinnamomi* Rands. Tesis doctoral. Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo. Michoacán, México.p.15-29.
41. Sánchez Pérez, José de la Luz. 2007. Marcadores asociados a la resistencia del aguacate raza mexicana (*persea americana* Mill. Var. *drymifolia*) al oomiceto *phytophthora cinnamomi* Rands. id. p.12. Fuente original: MacDonald, J. D, and Duniway, J. M. 1978. Influence of the matric and osmotic components of water potential on zoospore discharge in *Phytophthora*. *Phytopathology* 68:751-757.
42. Sánchez Vigo, Javier, 2007. La tristeza del palto (*phytophthora cinnamomi* rands.) y el uso del fosfito de potasio, Fertitec SA. Lima, Perú. (5).
43. Schieber, Eugenio y Zentmyer, George. 1976. Exploring for *Persea* in latin America, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. p. 16-20.
44. Scora, R. W; Wolstenholme, B. N y Lavi, U. Taxonomy and Botany. In Whiley A. W; Schaffer, B; Wolstenholme, B. *The Avocado*. CABI publishing. p. 15-37.

45. Shepherd, J; Bender, G. 2012. A history of the avocado industry in California. In Avocado production in California a cultural handbook for growers (Series Book One – Background Information). Bender, Gary; 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. P1-15.
46. The Sexta National Conference of The Australian Forest History Society Inc. (6, 2004, Australia). 2005. Dell, B; Hardy, G; y Vear, K. 2005. History of *Phytophthora cinnamomi* management in Western Australia. (Proceedings) Michael Calver. p. 391-406.
47. The 17th Australian Research Assembly on Brassicas (7, 2011, Wagga Wagga). 2011. Cowley, Ray y David, Lockett. 2011. Chlorophyll fluorescence as a methodo detect moisture limiting stress in canola. p.1-4.
48. Smith, Kelly Annabelle. 2013. Why the avocado should have gone the way of the dodo. (correo electrónico). USA. 24 de octubre del 2013.
49. Stark, Jeffrey C.; Pavek, Joseph J.; y McCann, Ian R. 1991. Using canopy temperature measurements to evaluate drought tolerance of potato genotypes. *Jornal of the American Society for Horticultural*. 116(3): 412-415.
50. The World Avocado Congress I (1, 1987, Sudafrica). 1987. Exploring for sources of resistance among *Persea americana* variety *Guatemalensis* and *Persea schiedeana* in Middle America. (Proceedings) Schieber, E; Zentmyer, G.A. 10:20-21.

51. The World Avocado Congress II (2, 1991, California). 1992. *Persea* and *Phytophthora* in Latin America. (Proceedings) Zentmyer, G; Schieber E. 1 v. 61-66 p.
52. The World Avocado Congress III (3, 1995, Israel). 1995. Local and imported avocado rootstocks in South Africa. (Proceedings) Roe, D.J; Kremer Köhne, S; Köhne, J. p. 132-139.
53. The World Avocado Congress VII (7, 2011, Australia) 2011. Análisis filogenético de los subgéneros *Persea* y *Eriodaphne* (*Persea*, Lauraceae) usando secuencias de ADN nuclear, mitocondrial y de cloroplasto. (Proceedings) Cruz Maya, M. E; Barrientos Priego, A; Rodríguez, J. L; Reyes, J. C. (14).
54. Vidales Fernández, José A. 2002. Efecto de los factores físico químicos sobre la actividad microbiana de la rizósfera del aguacatero (*Persea americana* Mill.) para el control de *Phytophthora Cinnamomi* (Rands). Tesis doctoral. Universidad de Colima. Colima, México. p. 6-34.
55. Vidales Fernández, José A. 2002. Efecto de los factores físico químicos sobre la actividad microbiana de la rizósfera del aguacatero (*Persea americana* Mill.) para el control de *Phytophthora Cinnamomi* (Rands). Id. p. 3. Fuente original. Weste, G. 1994. Impact of *Phytophthora cinnamomi* species on native vegetation of Australia and Papua, New Guinea. Australia. *Plant Pathol.* 23:190-209.
56. Waterhouse, G. M. 1963. Key to the species of *Phytophthora* de Bary, *Mycological Papers* No. 92: Commonwealth Mycological Institute, Kew, Surrey, England.

57. Yalle Escobar, M. 1962. Comportamiento de diferentes variedades de palto a la podredumbre radicular, *Phytophthora cinnamomi* Rands. Tesis ing. Agrónomo. Universidad Nacional Agraria. La Molina. Lima. P. 17-22.
58. Zentmyer, George. 1976. Soil borne pathogens of avocado. California avocado society. USA. 60: 154-158.
59. \_\_\_\_\_. 1976a. Origin of *Phytophthora cinnamomi*. California avocado society. USA 60: 154-158.
60. \_\_\_\_\_, 1977. Origin *Phytophthora cinnamomi*: evidence that it is not an indigenous fungus in the Americas, *Phytopathology*. 67: 1373-1377.
61. \_\_\_\_\_, 1985. Origin and distribution of *Phytophthora cinnamomi*, California avocado society. USA. 69: 89-96.

ANEXO

## A. Análisis de Varianza (ANVA) para el peso fresco de la raíz

### 1.1. ANVA para el peso fresco de la raíz (pfr) de los cuatro patrones

#### Inoculados.

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
patron	3	0.1044	0.03480	17.242	9.45e-10 ***
ddi	7	0.4086	0.05838	28.925	< 2e-16 ***
patron:ddi	21	0.2913	0.01387	6.873	8.46e-14 ***
Residuals	160	0.3229	0.00202		

—  
Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

CV= 3.145 %

### 1.2. ANVA para el peso fresco de la raíz (pfr) de los cuatro patrones

#### No inoculados.

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
patron	3	0.0432	0.01441	12.274	2.86e-07 ***
Ddi	7	1.5973	0.22819	194.315	< 2e-16 ***
patron:ddi	21	0.0825	0.00393	3.347	7.33e-06 ***
Residuals	160	0.1879	0.00117		

—  
Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

CV=2,282 %

### 1.3. ANVA para el peso fresco de la raíz (pfr) para el patrón

#### ANTILLANO (Inoculados y No inoculado).

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
patron	1	0.3443	0.3443	151.719	< 2e-16 ***
ddi	7	0.3857	0.0551	24.281	< 2e-16 ***
patron:ddi	7	0.1583	0.0226	9.963	6.94e-09 ***
Residuals	80	0.1816	0.0023		

—

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

CV= 3.271 %

### 1.4. ANVA para el peso fresco de la raíz (pfr) para el patrón

#### MEXICANO (Inoculados y No inoculado).

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Patrón	1	0.0932	0.09322	71.9	9.27e-13 ***
Ddi	7	0.5497	0.07853	60.57	< 2e-16 ***
patron:ddi	7	0.0812	0.0116	8.95	4.20e-08 ***
Residuals	80	0.1037	0.0013		

—

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

CV= 2.488 %

### 1.5. ANVA para el peso fresco de la raíz (pfr) para el patrón

#### NABAL (Inoculados y No inoculado).

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Patrón	1	0.0515	0.05151	39.62	1.55e-08 ***
Ddi	7	0.3934	0.0562	43.23	< 2e-16 ***
patron:ddi	7	0.1001	0.0143	11	1.18e-09 ***
Residuals	80	0.104	0.0013		

—

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

CV= 2.443 %

## 1.6. ANVA para el peso fresco (pfr) de la raíz para el patrón

### ZUTANO (Inoculados y No inoculado).

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
patron	1	0.0994	0.09938	65.423	5.43e-12 ***
ddi	7	0.6261	0.08944	58.882	< 2e-16 ***
patron:ddi	7	0.0854	0.0122	8.029	2.31e-07 ***
Residuals	80	0.1215	0.00152		

—

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

CV= 2.631 %

## 1.7. ANVA para la relación peso fresco de la raíz inoculado/control.

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
patron	3	0.06285	0.020952	14.717	1.65e-08 ***
ddi	7	0.17062	0.024375	17.122	< 2e-16 ***
patron:ddi	21	0.15601	0.007429	5.218	3.35e-10 ***
Residuals	160	0.22778	0.001424		

—

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

CV= 3.956 %

## B. Análisis de Varianza (ANVA) para el peso seco de la raíz

### 2.1. ANVA para el peso seco de la raíz (psr) de los cuatro patrones

#### Inoculados.

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
patron	3	0.02999	0.009996	8.664	2.31e-05 ***
ddi	7	0.21665	0.030950	26.826	< 2e-16 ***
patron:ddi	21	0.13732	0.006539	5.668	3.32e-11 ***
Residuals	160	0.18460	0.001154		

—  
Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

CV= 2.518 %

### 2.2. ANVA para el peso seco de la raíz (psr) de los cuatro patrones

#### No inoculados.

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
patron	3	0.0329	0.01096	17.439	7.60e-10 ***
ddi	7	0.4389	0.06269	99.748	< 2e-16 ***
patron:ddi	21	0.0598	0.00285	4.529	1.26e-08 ***
Residuals	160	0.1006	0.00063		

—  
Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

CV= 1.804 %

### 2.3. ANVA para el peso seco de la raíz (psr) para el patrón

#### ANTILLANO (Inoculados y No inoculado).

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
patron	1	0.09405	0.09405	102.533	5.50e-16 ***
ddi	7	0.12024	0.01718	18.725	1.50e-14 ***
patron:ddi	7	0.04085	0.00584	6.362	5.93e-06 ***
Residuals	80	0.07338	0.00092		

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

CV= 2.209 %

### 2.4. ANVA para el peso seco de la raíz (psr) para el patrón

#### MEXICANO (Inoculados y No inoculado).

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Patrón	1	0.02727	0.02727	23.698	5.57e-06 ***
Ddi	7	0.27438	0.0392	34.066	< 2e-16 ***
patron:ddi	7	0.03482	0.00497	4.323	0.000421 ***
Residuals	80	0.09205	0.00115		

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

CV= 2.511 %

### 2.5. ANVA para el peso seco de la raíz (psr) para el patrón NABAL

#### (Inoculados y No inoculado).

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
patron	1	0.03077	0.030771	42.703	5.47e-09 ***
ddi	7	0.15113	0.02159	29.962	< 2e-16 ***
patron:ddi	7	0.02602	0.003717	5.158	7.08e-05 ***
Residuals	80	0.05765	0.000721		

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

CV= 1.953 %

## 2.6. ANVA para el peso seco de la raíz (psr) para el patrón

### ZUTANO (Inoculados y No inoculado).

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Patrón	1	0.02364	0.023637	30.46	4.09e-07 ***
Ddi	7	0.1893	0.027042	34.849	< 2e-16 ***
patron:ddi	7	0.01587	0.002268	2.922	0.00894 **
Residuals	80	0.06208	0.000776		

—

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

CV= 2.017%

## 2.7. ANVA para la relación peso seco de la raíz inoculado/control.

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
patron	3	0.01467	0.004890	5.650	0.001051 **
ddi	7	0.06990	0.009985	11.539	7.97e-12 ***
patron:ddi	21	0.04553	0.002168	2.505	0.000669 ***
Residuals	160	0.13846	0.000865		

—

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

CV= 3.029%

## C. Análisis de Varianza (ANVA) para el peso del agua de la raíz.

### 3.1. ANVA para el peso del agua de la raíz (par) de los cuatro patrones Inoculados.

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
patron	3	0.4219	0.14062	26.78	4.34e-14 ***
ddi	7	1.0648	0.15211	28.97	< 2e-16 ***
patron:ddi	21	1.2332	0.05872	11.18	< 2e-16 ***
Residuals	160	0.8402	0.00525		

—

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

CV=5.634%

### 3.2. ANVA para el peso del agua (par) de la raíz de los cuatro patrones No inoculados.

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Patrón	3	0.0876	0.0292	12.51	2.16e-07 ***
Ddi	7	3.1214	0.4459	191.099	< 2e-16 ***
patron:ddi	21	0.2508	0.0119	5.118	5.63e-10 ***
Residuals	160	0.3733	0.0023		

—

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

CV= 3.459%

### 3.3. ANVA para el peso del agua de la raíz (par) para el patrón

#### ANTILLANO (Inoculados y No inoculado).

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
patron	1	0.9267	0.9267	156.02	< 2e-16 ***
ddi	7	0.779	0.1113	18.74	1.48e-14 ***
patron:ddi	7	0.5356	0.0765	12.88	5.64e-11 ***
Residuals	80	0.4752	0.0059		

—

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

CV= 5.839 %

### 3.4. ANVA para el peso del agua de la raíz (par) para el patrón

#### MEXICANO (Inoculados y No inoculado).

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
patron	1	0.2369	0.2369	65.929	4.71e-12 ***
ddi	7	1.5917	0.22738	63.282	< 2e-16 ***
patron:ddi	7	0.19	0.02714	7.553	5.70e-07 ***
Residuals	80	0.2875	0.00359		

—

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

CV= 4.563 %

### 3.5. ANVA para el peso del agua de la raíz (par) para el patrón

#### NABAL (Inoculados y No inoculado).

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
patron	1	0.059	0.05898	23.44	6.17e-06 ***
ddi	7	0.7401	0.10573	42.03	< 2e-16 ***
patron:ddi	7	0.191	0.02728	10.85	1.53e-09 ***
Residuals	80	0.2013	0.00252		

—

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

CV= 3.668 %

### 3.6. ANVA para el peso del agua de la raíz (par) para el patrón

#### ZUTANO (Inoculados y No inoculado).

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Patrón	1	0.219	0.21896	70.162	1.48E-12 ***
Ddi	7	1.4487	0.20696	66.319	< 2e-16 ***
patron:ddi	7	0.1941	0.02773	8.884	4.73E-08 ***
Residuals	80	0.2497	0.00312		

—  
Signif. codes: 0 ‘\*\*\*’ 0.001 ‘\*\*’ 0.01 ‘\*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1

CV= 4.094 %

### 3.7. ANVA para la relación del peso del agua de la raíz

#### inoculado/control.

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
patron	3	0.2634	0.08780	20.978	1.63e-11 ***
ddi	7	0.3478	0.04969	11.871	3.86e-12 ***
patron:ddi	21	0.6252	0.02977	7.113	2.69e-14 ***
Residuals	160	0.6697	0.00419		

—  
Signif. codes: 0 ‘\*\*\*’ 0.001 ‘\*\*’ 0.01 ‘\*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1

CV= 6.984 %

## D. Análisis de Varianza (ANVA) para la longitud de la raíz.

### 4.1. ANVA para el Longitud de raíz (lr) de los cuatro patrones

#### Inoculados.

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
patron	3	0.1017	0.03391	13.119	1.05e-07 ***
ddi	7	0.0991	0.01416	5.477	1.17e-05 ***
patron:ddi	21	0.2495	0.01188	4.596	8.79e-09 ***
Residuals	160	0.4136	0.00258		

—

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

CV= 5.172%

### 4.2. ANVA para el Longitud de raíz (lr) de los cuatro patrones No

#### inoculados.

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
patron	3	0.02404	0.008012	9.504	8.18E-06 ***
ddi	7	0.12894	0.01842	21.848	< 2e-16 ***
patron:ddi	21	0.11938	0.005685	6.743	1.59E-13 ***
Residuals	160	0.13489	0.000843		

—

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

CV= 2.690%

### 4.3. ANVA para la Longitud de la raíz (lr) para el patrón

#### ANTILLANO (Inoculados y No inoculado).

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Patrón	1	0.3228	0.3228	182.373	< 2e-16 ***
Ddi	7	0.0641	0.0092	5.175	6.83e-05 ***
patron:ddi	7	0.0964	0.0138	7.78	3.69e-07 ***
Residuals	80	0.1416	0.0018		

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

CV= 4.196 %

### 4.4. ANVA para la Longitud de la raíz (lr) para el patrón

#### MEXICANO (Inoculados y No inoculado).

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Patrón	1	0.19475	0.19475	100.343	8.95e-16 ***
Ddi	7	0.07112	0.01016	5.235	6.03e-05 ***
patron:ddi	7	0.04404	0.00629	3.242	0.00444 **
Residuals	80	0.15527	0.00194		

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

CV= 4.219 %

### 4.5. ANVA para la Longitud de la raíz (lr) para el patrón NABAL

#### (Inoculados y No inoculado).

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
patron	1	0.24405	0.24405	157.746	< 2e-16 ***
ddi	7	0.01253	0.00179	1.157	0.337
patron:ddi	7	0.17313	0.02473	15.987	5.80e-13 ***
Residuals	80	0.12377	0.00155		

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

CV= 3.796 %

#### 4.6. ANVA para la Longitud de la raíz (lr) para el patrón ZUTANO

(Inoculados y No inoculado).

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
patron	1	0.14705	0.14705	92.015	6.04e-15 ***
ddi	7	0.03133	0.00448	2.8	0.0117 *
patron:ddi	7	0.10424	0.01489	9.318	2.16e-08 ***
Residuals	80	0.12784	0.0016		

—

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

CV= 3.837%

#### 4.7. ANVA para la relación longitud de la raíz inoculado/control.

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
patron	3	0.0362	0.01207	3.716	0.0128 *
ddi	7	0.3482	0.04975	15.316	2.95e-15 ***
patron:ddi	21	0.3135	0.01493	4.597	8.76e-09 ***
Residuals	160	0.5197	0.00325		

—

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

CV= 6.242%

## E. Análisis de Varianza (ANVA) para el daño a la raíz.

### 5.1. ANVA para Daño a la raíz (daño) de los cuatro patrones

#### Inoculados.

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
patron	3	0.2344	0.07812	25.6	1.40E-13 ***
ddi	7	0.3952	0.05645	18.499	< 2e-16 ***
patron:ddi	21	0.1112	0.0053	1.736	0.0302 *
Residuals	160	0.4883	0.00305		

—  
Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

CV= 6.099 %

## F. Análisis de Varianza (ANVA) para los ratios de los parámetros evaluados.

### 6.1. ANVA para el ratio lr/psr de los cuatro patrones Inoculados.

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
patron	3	0.0530	0.017668	20.75	2.09e-11 ***
ddi	7	0.1997	0.028534	33.51	< 2e-16 ***
patron:ddi	21	0.1334	0.006353	7.46	5.23e-15 ***
Residuals	160	0.1363	0.000852		

—  
Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

CV= 3.999%

### 6.2. ANVA para el ratio lr/psr de los cuatro patrones No inoculados.

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
patron	3	0.03991	0.013303	46.008	< 2e-16 ***
ddi	7	0.01806	0.002580	8.924	2.9e-09 ***
patron:ddi	21	0.07228	0.003442	11.904	< 2e-16 ***
Residuals	160	0.04626	0.000289		

—  
Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

CV= 2.187%

### 6.3. ANVA para el ratio daño/psr de los cuatro patrones Inoculados.

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
patron	3	0.1379	0.04597	18.900	1.52e-10 ***
ddi	7	0.1362	0.01945	7.997	2.56e-08 ***

patron:ddi	21	0.1251	0.00596	2.449	0.000898 ***
Residuals	160	0.3892	0.00243		

—

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

CV= 7.334%

#### 6.4. ANVA para el ratio daño/lr de los cuatro patrones Inoculados.

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
patron	3	0.6455	0.21517	28.616	7.22e-15 ***
ddi	7	0.9046	0.12923	7.186	< 2e-16 ***
patron:ddi	21	0.5662	0.02696	3.586	2.01e-06 ***
Residuals	160	1.2031	0.00752		

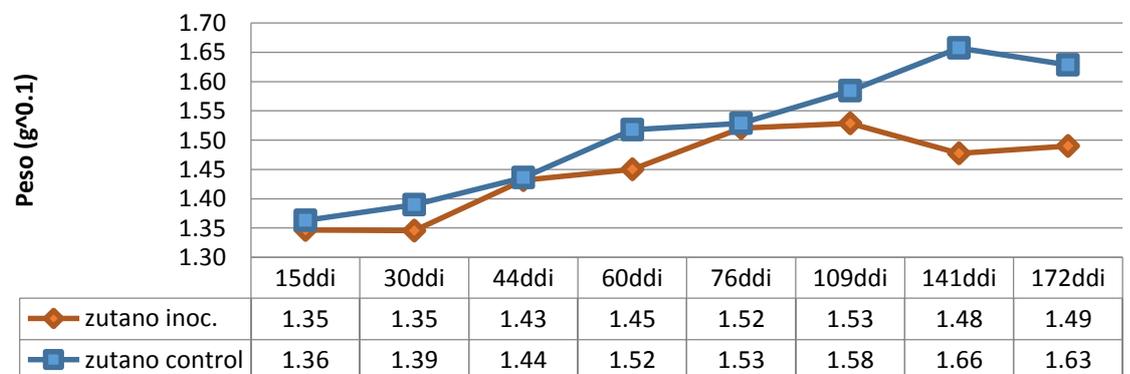
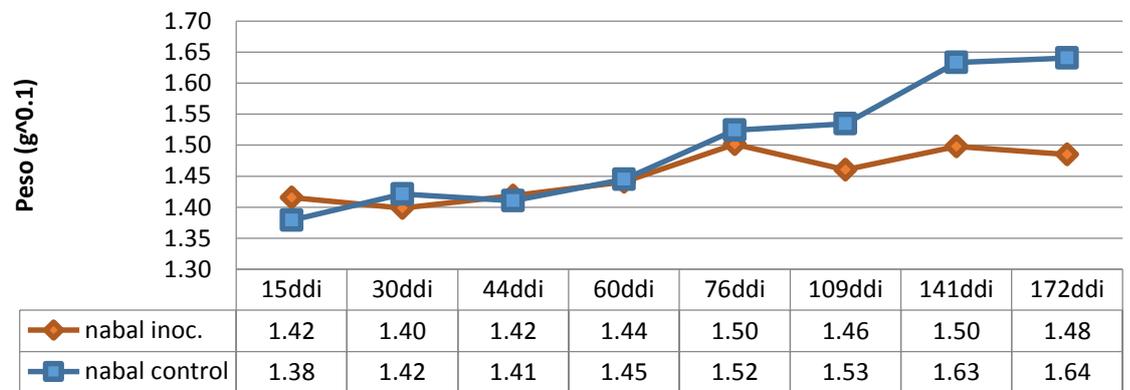
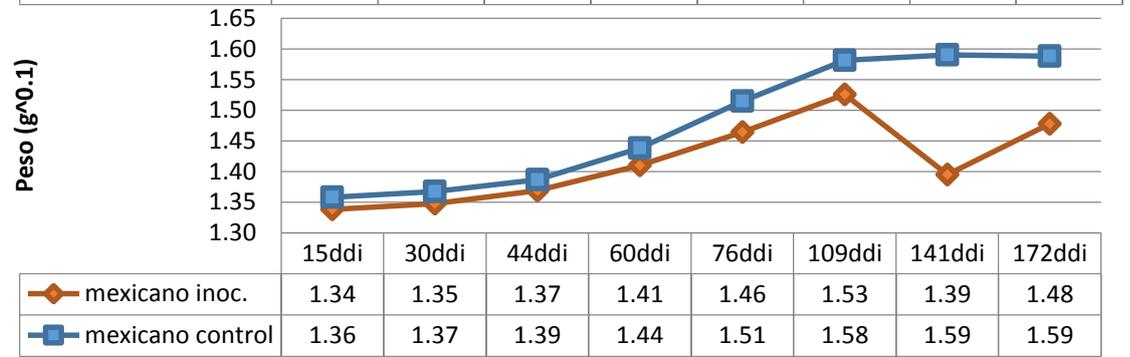
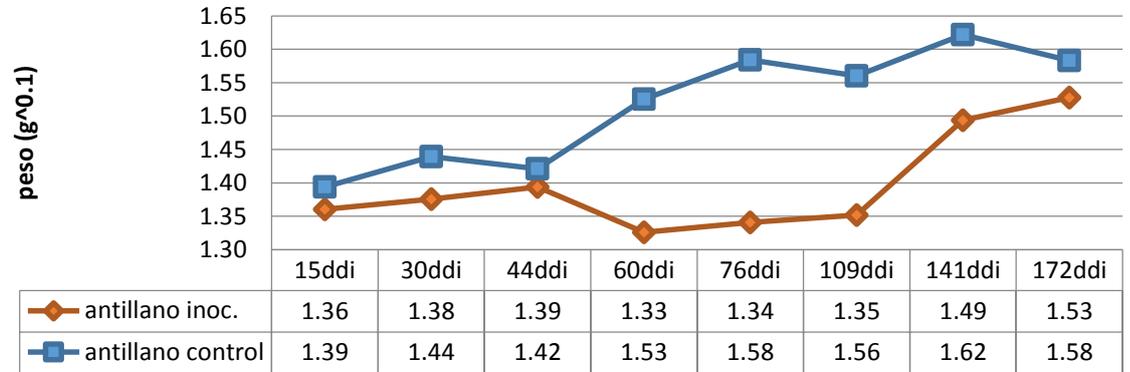
—

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

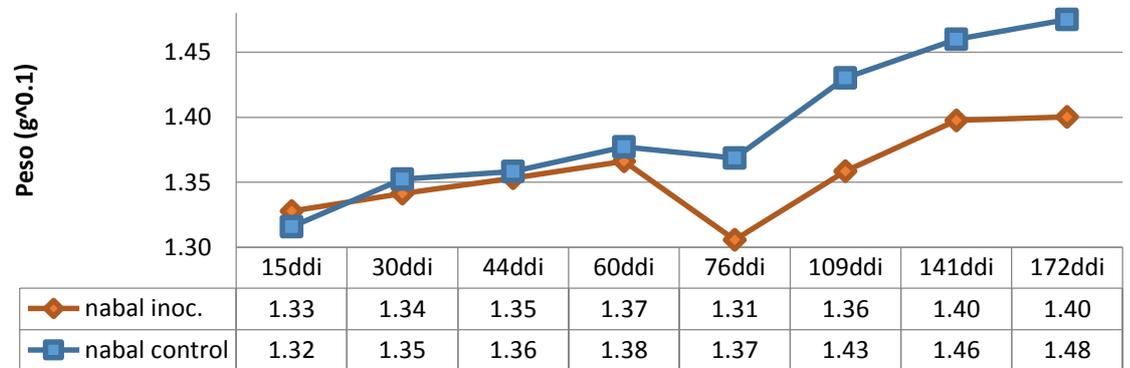
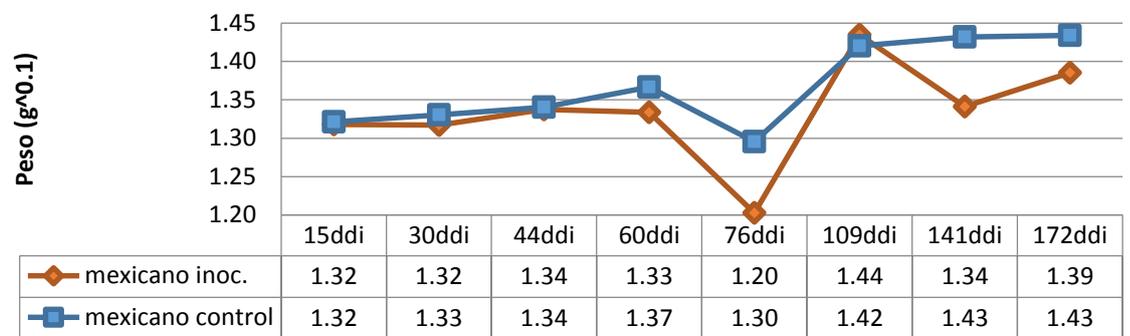
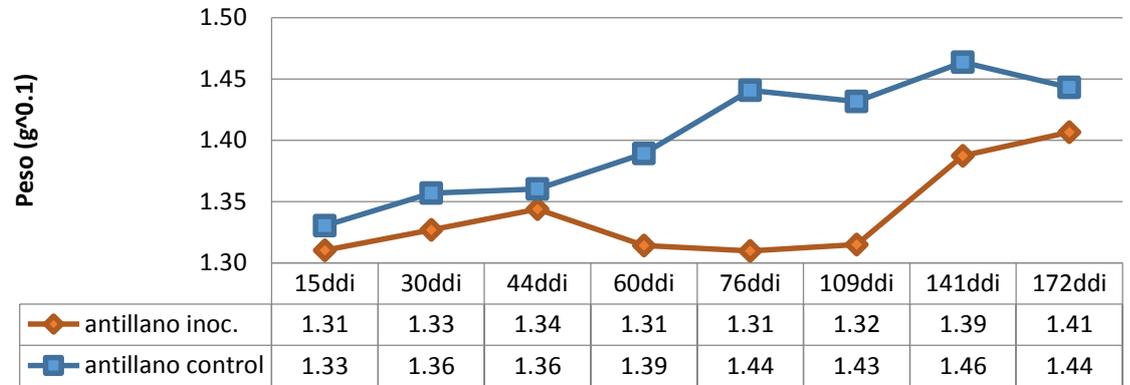
CV= 9.332%

**G. Comportamiento en el tiempo para los cuatro patrones según los parámetros evaluados.**

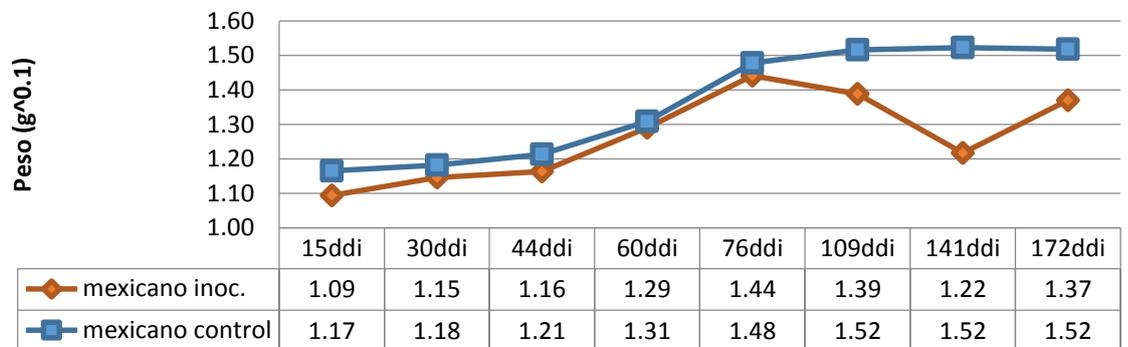
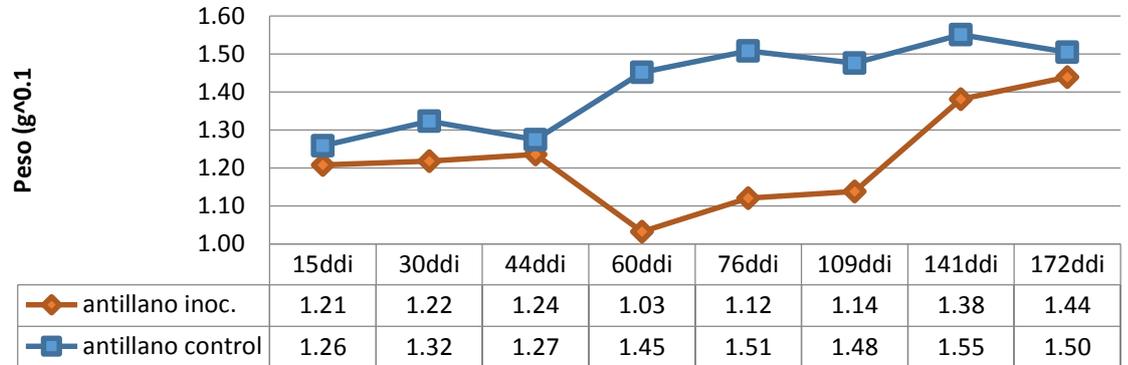
7.1. Comportamiento del peso fresco de la raíz para cuatro patrones de *P. americana* inoculados con *P. cinnamomi* y su respectivo control. La Molina-Lima. 2012.



7.2. Comportamiento del peso seco de la raíz para cuatro patrones de *P. americana* inoculados con *P. cinnamomi* y su respectivo control. La Molina-Lima. 2012.



7.3. Comportamiento del peso del agua de la raíz para cuatro patrones de *P. americana* inoculados con *P. cinnamomi* y su respectivo control. La Molina-Lima. 2012.



7.4. Comportamiento de la longitud de la raíz para cuatro patrones de *P. americana* inoculados con *P. cinnamomi* y su respectivo control. La Molina-Lima. 2012.

