

# La rotación de cultivos como estrategia de control de la marchitez en alfalfa



OmniaScience

Monographs

Luis Arturo Gonzalez Arizaga, Cesar Alvarado Valenzuela, Carlos Ceceña-Durán, Daniel González-Mendoza, Angel Manuel Suarez Hernandez, Onécimo Grimaldo-Juárez, Olivia Tzintzun Camacho, Victor Cardenas Salazar, Juan Carlos Vazquez Angulo, Isidro Bazante Gonzalez, Aurelia Mendoza Gomez

# La rotación de cultivos como estrategia de manejo y control de la marchitez en alfalfa

---

Luis Arturo Gonzalez Arizaga  
Cesar Alvarado Valenzuela  
Carlos Ceceña-Durán  
Daniel González-Mendoza  
Angel Manuel Suarez Hernandez  
Onécimo Grimaldo-Juárez  
Olivia Tzintzun Camacho  
Victor Cardenas Salazar  
Juan Carlos Vazquez Angulo  
Isidro Bazante Gonzalez  
Aurelia Mendoza Gomez

## La rotación de cultivos como estrategia de manejo y control de la marchitez en alfalfa

### Autores:

Luis Arturo Gonzalez Arizaga, Cesar Alvarado Valenzuela, Carlos Ceceña-Durán,  
Daniel González-Mendoza, Angel Manuel Suarez Hernandez, Onécimo Grimaldo-Juárez,  
Olivia Tzintzun Camacho, Victor Cardenas Salazar, Juan Carlos Vazquez Angulo,  
Isidro Bazante Gonzalez, Aurelia Mendoza Gomez

Cuerpo Académico de Biotecnología Agrícola y Cuerpo Académico de Agricultura Protegida en Zonas Áridas, Universidad Autónoma de Baja California, México



ISBN: 978-84-120643-1-5

DOI: <https://doi.org/10.3926/oms.400>

© OmniaScience (Omnia Publisher SL), Terrassa, Barcelona, España, 2019

© Diseño de cubierta: OmniaScience

© Imagen de cubierta: Autores

OmniaScience no se hace responsable de la información contenida en este libro y no aceptará ninguna responsabilidad legal por los errores u omisiones que puedan existir.

# ÍNDICE

---

Índice de cuadros .....	VII
Índice de figuras .....	IX
Índice de gráficos .....	XI
Índice de tablas .....	XIII
Resumen .....	XV
<b>Capítulo 1. Introducción</b> .....	<b>1</b>
<b>Capítulo 2. Objetivo</b> .....	<b>3</b>
<b>Capítulo 3. Hipótesis</b> .....	<b>5</b>
<b>Capítulo 4. Revisión de literatura</b> .....	<b>7</b>
4.1. Conceptos y definiciones .....	7
4.2. Clasificación de las enfermedades vegetales .....	8
4.3. Características de los hongos fitopatógenos .....	8
4.4. Antecedentes y descripción de <i>Fusarium oxysporum f.sp. medicaginis</i> . . .	10
4.4.1. Aspectos generales del fitopatógeno .....	10
4.4.2. Sintomatología .....	11
4.4.3. Signos de la enfermedad .....	13
4.4.4. Clasificación taxonómica del patógeno .....	13
4.4.5. Clasificación clásica del patógeno .....	14
4.5. Enfermedades causadas por hongos fitopatógenos .....	14
4.5.1. Enfermedades importantes en la familia de las Crucíferas .	14
4.5.1.1. La hernia de las crucíferas ( <i>Plasmodiophora brassicae</i> Wor.) .	14
4.5.1.2. Pudrición seca de la coliflor ( <i>Phoma lingam</i> ) .....	15
4.5.1.3. Cenicilla vellosa ( <i>Peronospora parasitica</i> ) .....	15

4.5.2.	Enfermedades en la familia de las Asteráceas. . . . .	15
4.5.2.1.	Pudrición de la raíz del crisantemo ( <i>Pythium spp.</i> ) . .	15
4.5.2.2.	Marchitamiento por fusarium. ( <i>Fusarium oxysporum f. sp. lactacum</i> ) . . . . .	16
4.5.2.3.	Cenicilla polvorienta ( <i>Erysiphe cichoracerum</i> ) . . . . .	16
4.5.3.	Enfermedades importantes en la familia de las Poáceas . . .	16
4.5.3.1.	El carbón cubierto de la cebada . . . . .	17
4.5.3.2.	Necrosis del cuello en el arroz. . . . .	17
4.5.4.	Enfermedades en la familia de las Leguminosas . . . . .	17
4.5.4.1.	Pudrición texana ( <i>Phymatotrichopsis omnivora</i> ) . . . . .	17
4.5.4.2.	Pudrición de la raíz y del tallo ( <i>Phytophthora sojae</i> ) . .	17
4.5.4.3.	Marchitamiento ( <i>Fusarium oxysporum f. sp. phaseoli</i> ) .	18
4.5.5.	Enfermedades en la familia de las Liliáceas . . . . .	18
4.5.5.1.	Pudrición blanca en ajo ( <i>Sclerotium cepivorum</i> ) . . . . .	18
4.5.5.2.	Marchitez por <i>Fusarium spp.</i> . . . . .	18
4.5.6.	Enfermedades en la familia de las Solanáceas . . . . .	19
4.5.6.1.	Marchitamiento vascular ( <i>Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici</i> ) . . . . .	19
4.5.6.2.	La roña de la papa ( <i>Streptomyces scabies</i> . Truper y De Clari) . . . . .	19
4.5.6.3.	Pudrición basal del tabaco ( <i>Phytophthora nicotianae var. Parasítica</i> ) . . . . .	19
4.5.7.	Enfermedades en la familia de las Apiáceas . . . . .	19
4.5.7.1.	Pudrición basal del apio ( <i>Rhizoctonia solani</i> ) . . . . .	20
4.5.7.2.	Pudrición basal blanca ( <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> ) . . . . .	20
4.5.7.3.	Amarillamiento ( <i>Fusarium oxysporum f. sp. apii</i> ) . . . . .	20
<b>Capítulo 5.</b>	<b>Materiales y métodos</b> . . . . .	<b>21</b>
5.1.	El clima de la región . . . . .	21
5.2.	Suelos de la región. . . . .	21
5.3.	Delimitación geográfica . . . . .	22
5.4.	Ubicación del área de estudio. . . . .	22
5.5.	Descripción del proceso de inoculación . . . . .	23
5.6.	Tratamientos aplicados en el experimento. . . . .	24
5.8.	Análisis e interpretación estadística . . . . .	25
<b>Capítulo 6.</b>	<b>Resultados y discusión</b> . . . . .	<b>27</b>
6.1.	Peso de raíz obtenida mediante la inoculación de <i>Fusarium oxysporum</i> , en el cultivo de frijol . . . . .	27

6.2.	Peso de tallo obtenido mediante la inoculación de <i>Fusarium oxysporum</i> , en el cultivo de frijol . . . . .	29
6.3.	Longitud de raíz obtenida mediante la inoculación de <i>Fusarium oxysporum</i> , en el cultivo de frijol . . . . .	30
6.4.	Longitud de tallo obtenida mediante la inoculación de <i>Fusarium oxysporum</i> , en el cultivo de frijol . . . . .	32
6.5.	Peso de raíz obtenida mediante el proceso de inoculación por <i>Fusarium oxysporum</i> , en el cultivo de girasol . . . . .	33
6.6.	Peso de tallo obtenido mediante el proceso de inoculación por <i>Fusarium oxysporum</i> , en el cultivo de girasol . . . . .	35
6.7.	Longitud de raíz obtenida mediante la inoculación de <i>Fusarium oxysporum</i> , en el cultivo de girasol . . . . .	36
6.8.	Longitud de tallo obtenido mediante la inoculación de <i>Fusarium oxysporum</i> , en el cultivo de girasol . . . . .	38
6.9.	Peso de raíz obtenida mediante la inoculación de <i>Fusarium oxysporum</i> , en el cultivo de pakchoi . . . . .	39
6.10.	Peso de tallo obtenido mediante el proceso de inoculación por <i>Fusarium oxysporum</i> , en el cultivo de pakchoi . . . . .	41
6.11.	Longitud de raíz obtenida mediante la inoculación de <i>Fusarium oxysporum</i> , en el cultivo de pakchoi . . . . .	42
6.12.	Longitud de tallo obtenido mediante la inoculación de <i>Fusarium oxysporum</i> , en el cultivo de pakchoi . . . . .	44
6.13.	Peso de raíz obtenida mediante el proceso de inoculación por <i>Fusarium oxysporum</i> , en el cultivo de Tomatillo . . . . .	45
6. 14.	Peso de tallo obtenido mediante el proceso de inoculación por <i>Fusarium oxysporum</i> , en el cultivo de tomatillo . . . . .	47
6.15.	Longitud de raíz obtenida mediante la inoculación de <i>Fusarium oxysporum</i> , en el cultivo de tomatillo . . . . .	48
6.16.	Longitud de tallo obtenido mediante la inoculación de <i>Fusarium oxysporum</i> , en el cultivo de tomatillo . . . . .	50
6.17.	Peso de raíz obtenida mediante la inoculación de <i>Fusarium oxysporum</i> , en el cultivo de apio . . . . .	51
6.18.	Peso de tallo obtenido mediante el proceso de inoculación por <i>Fusarium oxysporum</i> , en el cultivo de apio . . . . .	53
6.19.	Longitud de raíz obtenida mediante la inoculación de <i>Fusarium oxysporum</i> , en el cultivo de apio . . . . .	54
6.20.	Longitud de tallo obtenido mediante la inoculación de <i>Fusarium oxysporum</i> , en el cultivo de apio . . . . .	56

6. 21. Peso de raíz obtenida mediante el proceso de inoculación por <i>Fusarium oxysporum</i> , en el cultivo de cebollín. . . . .	57
6. 22. Peso de tallo obtenido mediante el proceso de inoculación por <i>Fusarium oxysporum</i> , en el cultivo de cebollín. . . . .	59
6.23. Longitud de raíz obtenida mediante la inoculación de <i>Fusarium oxysporum</i> , en el cultivo de cebollín. . . . .	60
6.24. Longitud de tallo obtenido mediante la inoculación de <i>Fusarium oxysporum</i> , en el cultivo de cebollín. . . . .	62
6.25. Peso de raíz obtenida mediante el proceso de inoculación por <i>Fusarium oxysporum</i> , en el cultivo de maíz . . . . .	63
6.26. Peso de tallo obtenido mediante el proceso de inoculación por <i>Fusarium oxysporum</i> , en el cultivo de maíz . . . . .	65
6.27. Longitud de raíz obtenida mediante la inoculación de <i>Fusarium oxysporum</i> , en el cultivo de maíz . . . . .	66
6.28. Longitud de tallo obtenido mediante la inoculación de <i>Fusarium oxysporum</i> , en el cultivo de maíz . . . . .	68
<b>Capítulo 7. Conclusiones . . . . .</b>	<b>71</b>
<b>Capítulo 8. Recomendaciones. . . . .</b>	<b>73</b>
<b>Capítulo 9. Bibliografía . . . . .</b>	<b>75</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

---

Cuadro 1.	Peso de raíz obtenida mediante la inoculación de <i>Fusarium oxysporum</i> , en el cultivo de frijol. . . . .	28
Cuadro 2.	Peso de tallo obtenido con la inoculación de <i>Fusarium oxysporum</i> , en el cultivo de frijol. . . . .	29
Cuadro 3.	Longitud de raíz obtenida mediante la inoculación de <i>Fusarium oxysporum</i> , en el cultivo de frijol. . . . .	31
Cuadro 4.	Longitud de tallo obtenido mediante la inoculación de <i>Fusarium oxysporum</i> , en el cultivo de frijol. . . . .	32
Cuadro 5.	Peso de raíz obtenida mediante la inoculación de <i>Fusarium oxysporum</i> , en el cultivo de girasol . . . . .	34
Cuadro 6.	Peso de tallo obtenido mediante la inoculación de <i>Fusarium oxysporum</i> , en el cultivo de girasol . . . . .	35
Cuadro 7.	Longitud de raíz obtenida mediante la inoculación de <i>Fusarium oxysporum</i> , en el cultivo de girasol . . . . .	37
Cuadro 8.	Longitud de tallo obtenido mediante la inoculación de <i>Fusarium oxysporum</i> , en el cultivo de girasol . . . . .	38
Cuadro 9.	Peso de raíz obtenida mediante la inoculación de <i>Fusarium oxysporum</i> , en el cultivo de pakchoi . . . . .	40
Cuadro 10.	Peso de tallo obtenida mediante la inoculación de <i>Fusarium oxysporum</i> , en el cultivo de pakchoi . . . . .	41
Cuadro 11.	Longitud de raíz obtenida mediante la inoculación de <i>Fusarium oxysporum</i> , en el cultivo de pakchoi . . . . .	43
Cuadro 12.	Longitud de tallo obtenida mediante la inoculación de <i>Fusarium oxysporum</i> , en el cultivo de pakchoi . . . . .	44
Cuadro 13.	Peso de raíz obtenida mediante la inoculación de <i>Fusarium oxysporum</i> , en el cultivo de tomatillo . . . . .	46

Cuadro 14. Peso de tallo obtenida mediante la inoculación de <i>Fusarium oxysporum</i> , en el cultivo de tomatillo . . . . .	47
Cuadro 15. Longitud de raíz obtenida mediante la inoculación de <i>Fusarium oxysporum</i> , en el cultivo de tomatillo . . . . .	49
Cuadro 16. Longitud de tallo obtenida mediante la inoculación de <i>Fusarium oxysporum</i> , en el cultivo de tomatillo . . . . .	50
Cuadro 17. Peso de raíz obtenida mediante la inoculación de <i>Fusarium oxysporum</i> , en el cultivo de apio . . . . .	52
Cuadro 18. Peso de tallo obtenido mediante la inoculación de <i>Fusarium oxysporum</i> , en el cultivo de apio . . . . .	53
Cuadro 19. Longitud de raíz obtenida mediante la inoculación de <i>Fusarium oxysporum</i> , en el cultivo de apio . . . . .	55
Cuadro 20. Longitud de tallo obtenido mediante la inoculación de <i>Fusarium oxysporum</i> , en el cultivo de apio . . . . .	56
Cuadro 21. Peso de raíz obtenida mediante la inoculación de <i>Fusarium oxysporum</i> , en el cultivo de cebollín . . . . .	58
Cuadro 22. Peso de tallo obtenido mediante la inoculación de <i>Fusarium oxysporum</i> , en el cultivo de cebollín . . . . .	59
Cuadro 23. Longitud de raíz obtenida mediante la inoculación de <i>Fusarium oxysporum</i> , en el cultivo de cebollín . . . . .	61
Cuadro 24. Longitud de tallo obtenido mediante la inoculación de <i>Fusarium oxysporum</i> , en el cultivo de cebollín . . . . .	62
Cuadro 25. Peso de raíz obtenida mediante la inoculación de <i>Fusarium oxysporum</i> , en el cultivo de maíz. . . . .	64
Cuadro 26. Peso de tallo obtenido mediante la inoculación de <i>Fusarium oxysporum</i> , en el cultivo de maíz. . . . .	65
Cuadro 27. Longitud de raíz obtenida mediante la inoculación de <i>Fusarium oxysporum</i> , en el cultivo de maíz. . . . .	67
Cuadro 28. Longitud de tallo obtenido mediante la inoculación de <i>Fusarium oxysporum</i> , en el cultivo de maíz. . . . .	68

## ÍNDICE DE FIGURAS

---

Figura 1. Diversas imágenes de los síntomas de la enfermedad de la marchitez en alfalfa, a nivel campo . . . . .	12
Figura 2. En la imagen de la izquierda se observa el desarrollo micelial del patógeno. En la derecha se aprecian los macroconidios típicos del género <i>Fusarium</i> . . . . .	13
Figura 3. Ubicación del laboratorio de fitopatología del Instituto de Ciencias Agrícolas, U.A.B.C. en el Valle de Mexicali, B.C. . . .	23
Figura 4. Plántulas inoculadas con <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>Medicaginis</i> en condiciones de laboratorio. . . . .	24



## ÍNDICE DE GRÁFICAS

---

Gráfica 1.	Peso de raíz obtenida mediante la inoculación de <i>Fusarium oxysporum</i> , en el cultivo de frijol. . . . .	28
Gráfica 2.	Peso de tallo obtenido mediante la inoculación de <i>Fusarium oxysporum</i> , en el cultivo de frijol. . . . .	30
Gráfica 3.	Longitud de la raíz obtenida mediante la inoculación de <i>Fusarium oxysporum</i> , en el cultivo de frijol. . . . .	31
Gráfica 4.	Longitud de tallo obtenido mediante la inoculación de <i>Fusarium oxysporum</i> , en el cultivo de frijol. . . . .	33
Gráfica 5.	Peso de raíz obtenida mediante la inoculación de <i>Fusarium oxysporum</i> , en el cultivo de girasol . . . . .	34
Gráfica 6.	Peso de tallo obtenido mediante la inoculación de <i>Fusarium oxysporum</i> , en el cultivo de girasol . . . . .	36
Gráfica 7.	Longitud de raíz obtenida mediante la inoculación de <i>Fusarium oxysporum</i> , en el cultivo de girasol . . . . .	37
Gráfica 8.	Longitud tallo obtenido mediante la inoculación de <i>Fusarium oxysporum</i> , en el cultivo de girasol . . . . .	39
Gráfica 9.	Peso de raíz obtenida mediante la inoculación de <i>Fusarium oxysporum</i> , en el cultivo de pakchoi . . . . .	40
Gráfica 10.	Peso de tallo obtenido mediante la inoculación de <i>Fusarium oxysporum</i> , en el cultivo de pakchoi . . . . .	42
Gráfica 11.	Longitud de raíz obtenida mediante la inoculación de <i>Fusarium oxysporum</i> , en el cultivo de pakchoi . . . . .	43
Gráfica 12.	Longitud de tallo obtenido mediante la inoculación de <i>Fusarium oxysporum</i> , en el cultivo de pakchoi . . . . .	45
Gráfica 13.	Peso de raíz obtenida mediante la inoculación de <i>Fusarium oxysporum</i> , en el cultivo de tomatillo . . . . .	46

Gráfica 14. Peso de tallo obtenido mediante la inoculación de <i>Fusarium oxysporum</i> , en el cultivo de tomatillo . . . . .	48
Gráfica 15. Longitud de raíz obtenida mediante la inoculación de <i>Fusarium oxysporum</i> , en el cultivo de pakchoi . . . . .	49
Gráfica 16. Longitud de tallo obtenido mediante la inoculación de <i>Fusarium oxysporum</i> , en el cultivo de tomatillo . . . . .	51
Gráfica 17. Peso de raíz obtenida mediante la inoculación de <i>Fusarium oxysporum</i> , en el cultivo de apio . . . . .	52
Gráfica 18. Peso de tallo obtenido mediante la inoculación de <i>Fusarium oxysporum</i> , en el cultivo de apio . . . . .	54
Gráfica 19. Longitud de raíz obtenida mediante la inoculación de <i>Fusarium oxysporum</i> , en el cultivo de apio . . . . .	55
Gráfica 20. Longitud tallo obtenido mediante la inoculación de <i>Fusarium oxysporum</i> , en el cultivo de apio . . . . .	57
Gráfica 21. Peso de raíz obtenida mediante la inoculación de <i>Fusarium oxysporum</i> , en el cultivo de cebollín . . . . .	58
Gráfica 22. Peso de tallo obtenido mediante la inoculación de <i>Fusarium oxysporum</i> , en el cultivo de cebollín . . . . .	60
Gráfica 23. Longitud de raíz obtenida mediante la inoculación de <i>Fusarium oxysporum</i> , en el cultivo de cebollín . . . . .	61
Gráfica 24. Longitud de tallo obtenido mediante la inoculación de <i>Fusarium oxysporum</i> , en el cultivo de cebollín . . . . .	63
Gráfica 25. Peso de raíz obtenida mediante la inoculación de <i>Fusarium oxysporum</i> , en el cultivo de maíz. . . . .	64
Gráfica 26. Peso de tallo obtenido mediante la inoculación de <i>Fusarium oxysporum</i> , en el cultivo de maíz. . . . .	66
Gráfica 27. Longitud de raíz obtenida mediante la inoculación de <i>Fusarium oxysporum</i> , en el cultivo de maíz. . . . .	67
Gráfica 28. Longitud tallo obtenido mediante la inoculación de <i>Fusarium oxysporum</i> , en el cultivo de maíz. . . . .	69

## ÍNDICE DE TABLAS

---

Tabla 1. Clasificación taxonómica del agente causal de la marchitez de la alfalfa. . . . .	13
Tabla 2. Niveles taxonómicos considerados en la taxonomía clásica . . . . .	14
Tabla 3. Tratamientos aplicados en el proceso de inoculación de las plántulas, utilizadas en el experimento. . . . .	24
Tabla 4. Variables agronómicas consideradas en el proceso de inoculación de las plantas hospederas. . . . .	25
Tabla 5. Modelo estadístico utilizado en el experimento sobre inoculación de diversas plántulas por <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>Medicaginis</i> . . . . .	26



## RESUMEN

---

En la actualidad la producción de cultivos depende en gran medida de la implementación de tácticas tendientes al control de una gran diversidad de problemáticas que afectan de una forma importante a la producción y la calidad de cultivos. En este estudio, se aplicaron una serie de técnicas de laboratorio con el objetivo de generar información sobre las especies que, perteneciendo a diferentes grupos taxonómicos, dentro del padrón de cultivos del Valle de Mexicali, Baja California, constituyan una opción, para ser establecidos en suelos con problemas vasculares. El experimento se estableció bajo condiciones de laboratorio en las instalaciones del Instituto de Ciencias Agrícolas, ubicado en el Ejido Nuevo León, Mexicali, B.C. Se utilizó un diseño en bloques completos al azar (DBCA) con los siguientes tratamientos: A. Tratamiento Testigo, B. Lesión + Inóculo, C. Inóculo y D. Lesión. Después de emergidas las plántulas, aproximadamente a los 10 cm, se realizaron las inoculaciones correspondientes. Se efectuó un registro de las siguientes variables de estudio: 1. Peso de raíz (g), 2. Peso de tallo (g), 3. Longitud de raíz (cm) y Longitud de tallo (cm), en siete especies agrícolas, que se producen comúnmente en la zona agrícola. La información obtenida se procesó mediante el análisis de varianza (ANVA), aplicando la prueba de comparación de media de Duncan  $\alpha = 0.05$ . Los resultados obtenidos indican comportamientos contrastantes relacionados con la respuesta de las plántulas analizadas hacia la influencia de la cepa de *Fusarium oxysporum fsp. medicaginis*, el fitopatógeno utilizado en la inoculación; donde destaca que en algunas especies agrícolas se obtuvieron resultados en función de la conducta esperada para las cuatro variables medidas, por ejemplo en el cultivo de frijol, el cual demostró un grado de susceptibilidad asociado al grupo familiar al que pertenece. De igual forma, se pudieron observar marcados contrastes en el resto de las especies evaluadas, un comportamiento muy

diferente conforme a lo normalmente esperado. A grandes rasgos, se puede concluir que esta metodología de laboratorio es muy importante, ya que se puede probar la susceptibilidad de las especies cultivables hacia un fitopatógeno determinado, en un tiempo relativamente rápido; recomendándose tener especial cuidado sobre el grado de desarrollo del inóculo utilizado, haciendo énfasis en el número de repeticiones implementadas.

## INTRODUCCIÓN

---

Las plantas superiores pueden ser infectadas y dañadas por más de una especie de hongo fitopatógeno, y una especie de hongo fitopatógeno puede atacar a más de una especie de planta (Agrios, 2010). En referencia a los desórdenes bióticos de las especies cultivables (Sherf & MacNab, 1986), afirman que existen descritas más de 100,000 especies fungosas, de las cuales 3,000 se consideran fitopatógenas, causantes de aproximadamente 80,000 enfermedades. En Estados Unidos se hizo un estudio donde se clasificaron las enfermedades según el órgano que afecta: área foliar, corona y raíz y sistema vascular. Esta última clasificación es una de las más importantes pues daña principalmente la raíz y la distribución del patógeno es en toda la planta causando marchitamientos (Ceceña, 2001). En México se reportan 183 géneros de cultivos susceptibles con más de 2,200 enfermedades ocasionadas principalmente por hongos, bacterias, virus, nematodos y plantas parásitas; de éstas aproximadamente el 50 % (1048), son generadas por 156 géneros de microorganismos fungosos. De igual forma, las enfermedades más frecuentes son: pudrición de la raíz, marchitez de la corona, marchitez bacteriana, y pudrición texana, principalmente (Espinoza & Ramos, 2000). Dichas enfermedades han causado la reducción de rendimiento, calidad del forraje, densidad de población y han afectado drásticamente el ciclo de vida de la planta en más de un 10 % (Alarcón & Espinoza, 2008). La pudrición de la corona y la marchitez en el cultivo en Venezuela, podrían ser ejemplos entre muchas enfermedades de importancia económica. El cultivo de la alfalfa es uno de los más

antiguos en la historia de la agronomía; desde hace años se ha observado su potencial de producción y los problemas que generalmente lo limitan (Arenas *et al.*, 2014). Para el valle de Mexicali, la alfalfa, significa el segundo cultivo de mayor importancia con más de 32,000 ha (Cortés; *et al.*, 1999). Desafortunadamente, la incidencia de las enfermedades radicales también ha tenido como hospederos susceptibles a cultivos de la clase (Magnoliopsidae), llamados técnicamente como especies de hoja ancha, dentro de las que se encuentra el cultivo de la alfalfa. En este sentido, existen varias estrategias que se pueden sugerir como solución al problema de enfermedades en el cultivo, como lo son: el sembrar en suelos libres de estos patógenos, así como optar por semilla de alfalfa con resistencia al patógeno. El empleo de productos químicos es también una opción para el manejo y control de este tipo de enfermedades, como lo establece (Martínez *et al.*, 2014), al concluir que el uso de Busan 30 W.B. en dosis de 700 ml ha<sup>-1</sup>, se obtuvo el mayor rendimiento, con 675.0 g de peso fresco por m<sup>2</sup>. No obstante, otra alternativa considerada para solucionar las enfermedades vasculares es la práctica de la rotación de cultivos. De acuerdo con (Guzmán, 2010), la rotación de cultivos consiste en suceder plantas que pertenezcan a diferentes familias y con necesidades distintas en un mismo lugar y en diferentes ciclos. De esta forma, este estudio se basa en generar información sobre las especies cultivables que perteneciendo a diferentes grupos taxonómicos dentro del padrón de cultivos del Valle de Mexicali, B.C. constituyan una buena opción, para ser establecidas en suelos con este tipo de limitantes fitoparasitarias.

## CAPÍTULO 2

### OBJETIVO

---

El objetivo de la siguiente investigación consistió en:

Determinar qué especies cultivables pertenecientes a la cédula de cultivos del valle de Mexicali, B.C., muestran resistencia contra el fitopatógeno *Fusarium oxysporum* fsp. *Medicaginis*, para que constituyan una alternativa factible en la rotación de cultivos en los suelos afectados con esta enfermedad, en el Estado.



## HIPÓTESIS

---

Las hipótesis que se plantearon en este experimento fueron:

**Ho:** Todas las especies cultivadas serán susceptibles al ataque de *Fusarium oxysporum f.sp. Medicaginis*, bajo las condiciones ambientales del Valle de Mexicali, Baja California.

**Ha:** Al menos una especie cultivada se mostrará resistente al ataque de *Fusarium oxysporum f. sp. Medicaginis*, bajo las condiciones ambientales del Valle de Mexicali, Baja California.



## REVISIÓN DE LITERATURA

---

En esta sección dedicada a los componentes que justifican el documento, se incluye información relacionada con el fitopatógeno, causal de desórdenes vasculares, sus efectos, así como información relevante sobre una serie de problemáticas importantes sobre los hospederos más susceptibles a las enfermedades de este tipo.

### 4.1. Conceptos y definiciones

Las plantas enfermas se distinguen por los cambios en sus procesos estructurales o fisiológicos que son consecuencia del desfavorable medio ambiente o bien de agentes parasitarios de cualquier clase. Un parásito es un organismo o virus que vive en el exterior o interior de otro organismo vivo (el hospedero) a partir del cual toma los nutrientes que requiere para crecer, sin conferir a cambio beneficio alguno. Un parásito es también un patógeno si causa enfermedad (Agrios, 2010). El establecimiento de una relación parasitaria se conoce como infección. Un hospedero exento de infección se dice que es inmune, y uno en el cual la infección se desarrolla lentamente y con frecuencia en forma incompleta se dice que es resistente. En un hospedero tolerante se observan, para un determinado nivel de infección, menos daños que los que podrían esperarse comparativamente con otros hospederos susceptibles al mismo pa-

tógeno. Un patógeno es un agente que provoca una enfermedad y si bien este vocablo puede aplicarse a todos los agentes causales descritos anteriormente, en la práctica se usa para describir a la entidad viviente dentro del complejo causal. Sin embargo, los términos patógeno y parásito no son sinónimos. En algunos casos existen organismos que son parásitos sin que lleguen a causar enfermedad. La patogenicidad es la propiedad mediante la cual un microorganismo puede llegar a ser parte del complejo causal. Patogénesis es el proceso o concatenación de acontecimientos mediante los cuales se desarrolla el proceso de una enfermedad. Un patógeno obligado es aquel que no puede ser cultivado en ausencia de un hospedero. Los patógenos que pueden cultivarse en medios artificiales se conocen como patógenos facultativos. En general, el desarrollo de la enfermedad es un proceso prolongado que incluye la producción de un inóculo secundario y la sucesiva progresión de signos externos de trastornos en los procesos morfológicos y fisiológicos de la planta huésped. Estos signos externos se conocen como síntomas.

## 4.2. Clasificación de las enfermedades vegetales

Existen dos métodos para clasificar las principales enfermedades de acuerdo con sus causas. Según uno de estos métodos, las enfermedades se dividen en dos clases: infecciosas y no infecciosas. En este caso todas las enfermedades provocadas por microorganismos, fanerógamas parásitas, nematodos y virus son considerados como infecciosas. Hay diversos tipos de clasificación de enfermedades, entre las más importantes se encuentra según el órgano al que atacan (radiculares y foliares), las radiculares funcionan de manera sistémica, es decir, se translocan dentro de la planta, lejos del punto de contacto. Por ejemplo, Marchitez causada por *Fusarium oxisporum* y pudrición por *Erwinia carotovora*, entre otras. Las enfermedades foliares se caracterizan por mostrar sus síntomas en las hojas y/o en el fruto, tales como, cenicilla polvorienta causada por diferentes agentes causales como *Leveillula taurica*, *Erysiphe orontii*, *Oidium lycopersicum*, *cenicilla vellosa* y *Botrytis cinérea*, etc.

## 4.3. Características de los hongos fitopatógenos

Son organismos heterótrofos, eucariotas, uní o pluricelular. Tienen reproducción sexual o perfecta (estado teleomórfico) y multiplicación asexual o

imperfecta (estado anamórfico). Se clasifican en un reino distinto al de las plantas, animales y protistas. Esta diferenciación se debe, entre otras cosas, a que tienen paredes celulares compuestas por quitina, a diferencia de las plantas, que contienen celulosa. Los hongos se presentan bajo dos formas principales: hongos filamentosos (antiguamente llamados «mohos») y hongos levaduriformes. El cuerpo de un hongo filamentoso tiene dos porciones, una reproductiva y otra vegetativa. La parte vegetativa, que es haploide y generalmente no presenta coloración, está compuesta por filamentos llamados hifas (usualmente microscópicas); un conjunto de hifas conforma el micelio. Dentro la gran cantidad de géneros de importancia de hongos fitopatógenos, se destacan, por ejemplo, *Alternaria spp* causando el tizón temprano del tomate y la papa, la mancha foliar del frijol y tabaco, el tizón del tallo de la zanahoria, clavel y crisantemo, la mancha foliar y el tizón de las crucíferas, entre muchos otros hospederos (Agrios, 2010); *Verticillium spp.* causando marchitez, el primer síntoma que se observa es un amarillamiento foliar y pronto se manifiesta la marchitez y muerte de la planta. Al hacer un corte transversal de la raíz, tallos o ramas se observa el xilema necrosado de color café claro o café oscuro, según sea el grado de ataque; también se presenta necrosis en el floema y los síntomas se manifiestan más en la floración y fructificación, de tal manera que los frutos quedan adheridos a las ramas y lo mismo pasa con las hojas (Mendoza, 1996); otros géneros de importancia dentro de los basidiomicetos son *Rhizoctonia spp.* y *Sclerotium spp.* atacando principalmente a las plantas herbáceas. Son organismos del suelo que producen enfermedades graves en muchos hospedantes, ya que afectan las raíces, tallos, tubérculos, cormos y otros organismos de las plantas que se desarrollan en el suelo (Agrios, 2010); *Phytophthora spp.* puede encontrarse en cualquier estado de desarrollo. La pudrición de la semilla y el damping-off pre emergente reducen la población de plántulas. Las pudriciones postemergentes de la raíz y el tallo causan marchitamiento y muerte de plántula, en el estado de la hoja primaria, los tallos afectados aparecen remojados en agua, las hojas se tornan en amarillas y se marchitan y las plántulas afectadas mueren. *Sclerotinia spp.*, generalmente conocidas como moho blanco, pueden afectar a cientos de especies de plantas incluyendo muchos cultivos importantes. El moho blanco se identifica fácilmente por la característica algodonoso blanco micelio del patógeno que crece sobre las superficies de tejidos aéreos infectados.

#### **4.4. Antecedentes y descripción de *Fusarium oxysporum f.sp. medicaginis***

El patógeno es una agente causal de desórdenes vasculares importantes a nivel mundial. La siguiente, es una información en relación a este género fitoparasitario, que sin duda permitirá su mejor manejo y control.

##### **4.4.1. Aspectos generales del fitopatógeno**

Los aislamientos provenientes de daños vasculares originados por este hongo pueden variar tanto en su virulencia como en su morfología (Mai & Abawi, 1987).

En relación con las estructuras del hongo, las macroconidios son producidas en esporodoquios sobre conidióforos ramificados en la superficie de las plantas infectadas o en un medio de cultivo artificial. También pueden ser producidas en formas simples en el micelio aéreo (especialmente en un medio de cultivo). Los microconidios presentan formas ovaladas y se originan sobre microconidióforos cortos en el micelio aéreo (Mace & Bell, 1981; Mai & Abawi, 1987). Ambas pueden ser formadas en los vasos xilemáticos de las plantas infectadas, pero las microconidias son las que usualmente predominan en estos tejidos.

Estas estructuras sirven como fuente de diseminación del hongo dentro y fuera de las plantas (Mace & Bell, 1981). Las clamidosporas poseen paredes gruesas de color oscuro, y su producción es abundante sobre los tejidos infectados en estados avanzados de la enfermedad, se originan en las hifas o conidios, por condensación de sus contenidos. Usualmente se forman solas o pueden estar intercaladas o en la parte terminal de las hifas (Pegg, 1985). Son consideradas estructuras de resistencia, y pueden permanecer en el suelo en estado de latencia por un largo período de tiempo, en presencia o ausencia de hospederos y su diseminación ocurre con el movimiento de suelos, semillas o materiales de propagación infectados (Dongo & Muller,

1969; Mai & Abawi, 1987). Se ha demostrado que la temperatura óptima para el crecimiento y esporulación del patógeno es 30°C; pudiendo tener un comportamiento saprofítico muy vigoroso a temperaturas entre 10 y 30 °C. Es capaz de crecer y esporular sobre un amplio rango de valores de pH (óptimo a pH 7,5 - 8,5); creciendo mejor en condiciones de oscuridad continua (Olutiola, 1978).

Las clamidosporas al germinar llegan a crecer sobre las raíces en los diferentes puntos de contacto, hasta lograr entrar directamente a las mismas o por heridas. Se ha observado en plantas de ajo colectadas en el campo y otras inoculadas en el laboratorio, una necrosis basal de color marrón claro a nivel del cuello, la cual tiende a ser ascendente hacia el ápice de la misma, y una marchitez regresiva en las hojas; en algunos casos se presentó una curvatura en las mismas semejantes a una epinastia. El aspecto general de la planta fue de raquitismo, observándose en algunas hojas, líneas cloróticas paralelas a las nervaduras. Al realizar cortes transversales y longitudinales del tallo, observó una coloración oscura de trayectoria ascendente, que evidencia la obstrucción de los haces vasculares. Esta sintomatología ha sido señalada en México y en Japón en el mismo cultivo, y en crisantemo (Alvarado & Zamora, 1990; Yoo *et al.*, 1991).

#### **4.4.2. Sintomatología**

Coloniza los conductos xilemáticos de la planta; bloqueando y tapando los vasos, lo que determina la aparición de síntomas típicos de la enfermedad que se caracteriza por un marchitamiento y/o color amarillo, de abajo hacia arriba, que se puede observar en la pre-floración o la época de llenado de semilla, principalmente entre los meses de mayo y octubre. En las plantas con etapas avanzadas se encuentran la presencia de una masa blanca-algodonosa, que consiste en el cuerpo del patógeno (micelio y esporas), especialmente en las zonas más húmedas. Cuando se manifiesta plenamente la enfermedad, en campo se pueden observar manchones semicirculares que varían entre 2 y más de 30 metros de diámetro (Figura 1).

12 LA ROTACIÓN DE CULTIVOS COMO ESTRATEGIA DE MANEJO Y CONTROL DE LA MARCHITEZ EN ALFALFA



*Figura 1. Diversas imágenes de los síntomas de la enfermedad de la marchitez en alfalfa, a nivel campo.*

#### 4.4.3. Signos de la enfermedad

Los principales signos de la enfermedad son los macroconidios y microconidios así como el desarrollo micelial al que corresponde un micelio tabicado. Su desarrollo *in-vitro*, muestra un crecimiento micelial abundante de color blanquecino cremoso, con hábito rastrero, principalmente (Figura 2) (Flores, 2009).

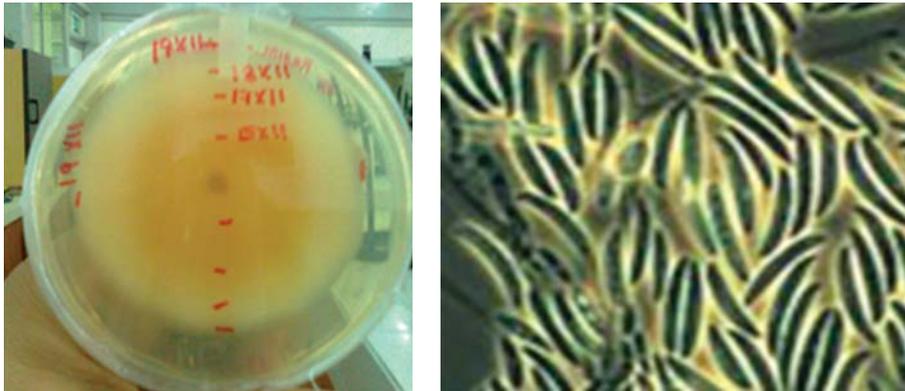


Figura 2. En la imagen de la izquierda se observa el desarrollo micelial del patógeno. En la derecha se aprecian los macroconidios típicos del género *Fusarium*.

#### 4.4.4. Clasificación taxonómica del patógeno.

Regularmente, para describir los niveles taxonómicos de los microorganismos patógenos, se usan los niveles de la Tabla 1:

Reino	Subreino	Filo	Subfilo	Clase
<i>Fungi</i>	<i>Dikarya</i>	<i>Ascomycota</i>	<i>Pezizomycota</i>	<i>Sordariomycetes</i>

Orden	Familia	Género	Especie	<i>f. sp.</i>
<i>Hypocreales</i>	<i>Nectriaceae</i>	<i>Fusarium</i>	<i>oxisporum</i>	<i>medicaginis</i>

Tabla 1. Clasificación taxonómica del agente causal de la marchitez de la alfalfa.

#### 4.4.5. Clasificación clásica del patógeno

Los niveles taxonómicos de forma clásica, que corresponden a este género de hongo, se describen a continuación:

<b>Reino:</b>	<i>Fungi</i>
<b>División:</b>	<i>Eumycotina</i>
<b>Clase:</b>	<i>Deuteromycota / Ascomycota</i>
<b>Género:</b>	<i>Fusarium</i>
<b>Especie:</b>	<i>oxysporum</i>
<b>Raza fisiológica:</b>	<i>medicaginis</i>

Tabla 2. Niveles taxonómicos considerados en la taxonomía clásica.

### 4.5. Enfermedades causadas por hongos fitopatógenos

#### 4.5.1. Enfermedades importantes en la familia de las Crucíferas

Las plantas pertenecientes a la familia de las brasicáceas, llamadas correctamente crucíferas, generalmente son herbáceas, anuales, bienales o perennes. Sus hojas simples o compuestas, alternas, sin estípulas, con frecuencia pinnado-lobuladas, en ocasiones liradas. Raíces axonomorfas, con frecuencia engrosadas, napiformes o tubérculos. Flores con corola de cuatro pétalos en forma de cruz y cáliz formado por cuatro sépalos libres. Fruto tipo silicua; en ocasiones indehiscente y lomentáceo. Puede presentar en su extremo un pico diferenciado. Semillas normalmente numerosas dispuestas en el fruto (Agríos, 2010).

##### 4.5.1.1. La La hernia de las crucíferas (*Plasmodiophora brassicae* Wor.)

Este patógeno ataca a las raíces que se ven afectadas por grandes abultamientos o protuberancias. Como consecuencia del atrofiamiento que sufren los vasos conductores, la parte aérea no se desarrolla bien y las hojas se marchitan en los momentos de mayor sequedad en el ambiente para volver a recuperarse más tar-

de cuando aumenta la humedad aparecen malformaciones de las raíces y raicillas que al principio son de color blanco en su interior, después se hacen grisáceas y al final sufren podredumbre blanda.

#### 4.5.1.2. Pudrición seca de la coliflor (*Phoma lingam*)

Este hongo ataca la zona del cuello, que una vez invadida comienza a oscurecer. El ataque se inicia en las raíces jóvenes, formando sobre ellas los típicos rizomorfos y progresando en sentido ascendente, pudiéndose transmitir además por semillas (Gaetan, 2001)

#### 4.5.1.3. Cenicilla vellosa (*Peronospora parasitica*)

Es una enfermedad que ataca al rábano durante los meses primaverales. Se presenta en forma de pequeñas manchas amarillas sobre las hojas. Posteriormente, transcurrido un periodo de tiempo, estas manchas viran a marrón oscuro, terminando por secarlas totalmente.

### **4.5.2. Enfermedades en la familia de las Asteráceas**

Las Asteráceas, también conocidas como compuestas, son una de las familias botánicas más diversas del mundo, son muy fáciles de identificar por su inflorescencia e incluye plantas de todas las formas y tamaños. La mayor parte son hierbas de distintos tipos, pero también hay muchos arbustos, trepadoras y árboles. Las hojas de algunas pueden ser pequeñas, finamente divididas o incluso como agujas de pino, mientras que otras tienen hojas anchas, grandes y pilosas, lo que mantiene unida a la familia y la hace inconfundible es su inflorescencia tan particular. Un ejemplo, de representantes de esta familia son el girasol y la margarita, parecen una única flor si se la mira superficialmente, pero vista en detalle, se identifican decenas o incluso centenares de diminutas flores.

#### 4.5.2.1. Pudrición de la raíz del crisantemo (*Pythium spp.*)

Esta enfermedad es ocasionada por condiciones de excesiva humedad en el suelo. La diseminación de las esporas se produce a través del suelo o del agua conta-

minada. El sistema radicular se debilita, de forma que las plantas infectadas se atrofian. Aparecen lesiones en el tallo de color marrón oscuro a negro, cerca del suelo, que pueden causar aberturas en la corteza (Infoagro, 2016).

#### 4.5.2.2. Marchitamiento por fusarium. (*Fusarium oxysporum* f. sp. *lactacum*)

La marchitez por *Fusarium* causa que las plántulas infectadas se marchiten y mueran. Los tejidos internos de las plántulas afectadas son de color rojo o marrón. En las plantas más viejas, las hojas se vuelven amarillas y desarrollan una quemadura de punta. Internamente, el sistema vascular es de color marrón a negro en las hojas, y se desarrolla una decoloración de color marrón rojizo en la corteza de la corona y la raíz superior. Las plantas pueden tener retraso en el crecimiento y no formar cabezas.

#### 4.5.2.3. Cenicilla polvorienta (*Erysiphe cichoracerum*)

Se desarrolla en el haz y en el envés de las hojas. Inicialmente aparece en las hojas exteriores de la lechuga, de modo que el limbo se recubre de un micelio blanquecino pulverulento que puede estar asociado a una decoloración total de las hojas. Estas manchas aumentan de tamaño y número, afectando al vigor de la planta y calidad de la cosecha. Las condiciones óptimas para su desarrollo son: temperatura de 20 °C, humedad relativa de 70% y luminosidad débil. Suele ser normal observar algunos focos en otoño, en los que se prolongan las temperaturas suaves y no aparecen lluvias.

### **4.5.3. Enfermedades importantes en la familia de las Poáceas**

La mayoría de las plantas pertenecientes a las poáceas, son herbáceas, anuales o perennes, de tallos: cilíndricos, nudosos, con entrenudos huecos, hojas: alternas, sin estípulas. Provistas de una vaina abierta o cerrada que abraza al tallo y de un limbo largo con nervaduras paralelas. En la unión entre la vaina y el limbo presenta una lígula; sus flores son: hermafroditas, pequeñas y poco vistosas. Se reúnen en inflorescencias de tipo espiguilla y también en inflorescencia complejas.

#### 4.5.3.1. El carbón cubierto de la cebada

Es una de las enfermedades que requieren un constante monitoreo en el cultivo, esta enfermedad hace que las espigas enfermas tarden en salir con un aspecto normal, al llegar a la madurez la espiga se abre y contiene masas de teliosporas.

#### 4.5.3.2. Necrosis del cuello en el arroz

Aunque en México el arroz es una gramínea secundaria en la dieta alimenticia, la necrosis es una de las enfermedades que podría afectar su producción; la que ocasiona manchas color café en el cuello y poco a poco va deformando el tallo.

### **4.5.4. Enfermedades en la familia de las Leguminosas**

Las fabáceas o leguminosas son una familia del orden de los Fabales. Se reconoce por su fruto en tipo de legumbre y sus hojas compuestas y estipuladas. Su sistema radicular está dividido en dos partes: una raíz principal, central, pivotante, lignificada, penetrante y profunda; y un sistema secundario, absorbente, formado por un conjunto de raíces ramificadas.

#### 4.5.4.1. Pudrición texana (*Phymatotrichopsis omnivora*)

Un problema muy común en el cultivo de la alfalfa es la pudrición texana, esta enfermedad vascular causa marchitez en la planta y se presenta en manchones circulares sobre el área sembrada.

#### 4.5.4.2. Pudrición de la raíz y del tallo (*Phytophthora sojae*)

Esta enfermedad ataca a la planta de soya en cualquier estadio de desarrollo. Puede causar damping-off de pre y post-emergencia en suelos afectados y cultivares susceptibles. En cultivares de baja tolerancia, en el estado de primera hoja, puede desarrollar pudrición pardo-acuosa del tallo y la plántula puede morir. En plantas más adultas el patógeno provoca pudrición de la raíz y de la base del tallo, que avanza

hasta el quinto o sexto entrenudo y a las ramificaciones, y se observa de coloración más oscura que el resto del tallo cuando este aún está verde.

#### 4.5.4.3. Marchitamiento (*Fusarium oxysporum f. sp. phaseoli*)

El microorganismo causal invade y deteriora el sistema vascular de la planta, que por ello se marchita y finalmente, muere. El hongo penetra en la planta por las raíces, invade luego algunos vasos del xilema y pronto taponea todo el sistema vascular. El primer síntoma es un amarillamiento, más adelante se observa la marchitez de las hojas por falta de nutrientes y por último, la defoliación de la planta.

### **4.5.5. Enfermedades en la familia de las Liliáceas**

Unas de las principales características de las Liliáceas son sus flores en forma de umbela y sus raíces tuberosas como rizomas o bulbos, algunas de ellas se pueden comer por ejemplo la cebolla y el ajo que son de las más comunes en México (García, 2008).

#### 4.5.5.1. Pudrición blanca en ajo (*Sclerotium cepivorum*)

Esta enfermedad presenta amarillamiento, marchitamiento y necrosis del follaje. La enfermedad se inicia con la germinación de los esclerocios, los cuales producen hifas que crecen y se desplazan por el suelo, infectan las raíces, invaden la base del tallo, posteriormente el bulbo se cubre con micelio en donde quedan adheridos los esclerocios y finalmente se pudre.

#### 4.5.5.2. Marchitez por *Fusarium spp.*

Es el principal patógeno que afecta al espárrago, a nivel mundial. Este hongo al infectar la corona, el órgano más importante, puede llegar a matar la planta, la corona contiene a las raíces y las yemas, las cuales generan la parte foliar, si estos órganos son dañados se tendrá una alta reducción en el rendimiento y reducirá la vida de la esparraguera.

Los síntomas ocasionados por *Fusarium spp.* son los ocasionados al tejido vascular en los diferentes órganos del espárrago. A nivel de las raíces, ocasiona decoloración del cilindro central. En coronas se observa necrosis y decoloración de la parte interna de las yemas. En tallos se produce una pudrición que se inicia en la parte basal y se prolonga hacia la parte superior. En grados avanzados de la enfermedad, se aprecia una pudrición total a nivel de la corona, lo cual ocasiona la muerte de la planta.

#### **4.5.6. Enfermedades en la familia de las Solanáceas**

##### 4.5.6.1. Marchitamiento vascular (*Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici*)

Ha sido uno de los problemas que limitan al cultivo de tomate en Uruguay, dicha enfermedad causa el marchitamiento del área foliar y un color oscuro en las raíces (González *et al.*, 2013).

##### 4.5.6.2. La roña de la papa (*Streptomyces scabies*. Truper y De Clari)

Es una enfermedad poco común, esta enfermedad causa pequeños granos que rompen la cascara de la papa y que al final dejan una pequeña depresión con polvo blanco.

##### 4.5.6.3. Pudrición basal del tabaco (*Phytophthora nicotianae var. Parasítica*)

Otro ejemplo de los problemas vasculares es la canilla negra, en Argentina esta enfermedad afecto económicamente al cultivo de tabaco causando en las plantas la marchitez del área foliar y posteriormente su muerte.

#### **4.5.7. Enfermedades en la familia de las Apiáceas**

Son una familia de plantas fanerógamas, compuesta por varias hierbas y algunos arbustos. Poseen flores generalmente hermafroditas. Inflorescencias en umbela compuesta, raramente en umbela simple. La familia abarca más de 3000 especies de plantas esparcidas por todo el mundo, especialmente por el hemisferio norte.

#### 4.5.7.1. Pudrición basal del apio (*Rhizoctonia solani*)

Los síntomas de la pudrición del cráter generalmente están restringidos a las porciones inferiores de los pecíolos del apio donde el suelo está en contacto con el tejido de la planta. Los primeros síntomas consisten en lesiones pequeñas, irregulares, de color marrón rojizo que se desarrollan en los lados externo e interno de los pecíolos inferiores. Las lesiones en desarrollo se expanden y se vuelven marrones, manchas o cráteres hundidos. Estas lesiones permanecen firmes y secas a menos que los organismos de descomposición secundaria invadan y causen pudriciones blandas. Con una lente de mano, el micelio marrón oscuro de *Rhizoctonia solani* a veces se puede ver dentro y en los márgenes de las lesiones. El apio es susceptible al hongo de la pudrición rosada en todas las etapas del crecimiento de la planta (incluso como trasplantes en bandejas), pero la enfermedad se observa con mayor frecuencia en las plantas maduras cuando los follajes de las hojas están bien desarrollados.

#### 4.5.7.2. Pudrición basal blanca (*Sclerotinia sclerotiorum*)

Los síntomas iniciales aparecen como lesiones marrones en los pecíolos que se desarrollan en o cerca de la línea del suelo o en el borde de la planta. Las lesiones se expanden rápidamente en áreas blandas, acuosas y deterioradas. El tejido de la planta que rodea las lesiones puede ponerse rosado. En etapas avanzadas de la enfermedad, las lesiones pueden contener micelio blanco profusos del patógeno. (Diaz, 2000.)

#### 4.5.7.3. Amarillamiento (*Fusarium oxysporum f. sp. apii*)

Los síntomas generalmente comienzan a aparecer después de que las plantas están bien establecidas. Las plantas infectadas se vuelven amarillas y se atrofian. Algunas de las raíces grandes pueden tener un aspecto marrón oscuro, y húmedas. El xilema en el tallo, la corona y la raíz muestra una característica decoloración naranja-marrón, que resulta de la infección por este patógeno vascular transmitido por el suelo. En las últimas etapas de la infección, las plantas permanecen severamente atrofiadas y amarillentas y pueden colapsar, mostrando una decoloración vascular (UC IPM, 2005).

## MATERIALES Y MÉTODOS

---

### 5.1. El clima de la región

De acuerdo al sistema de clasificación de Köppen, modificado por García en el año de 1964, el clima de esta zona se clasifica como  $BW (b') h_s (x') (e')$  y se define como desértico cálido, extremoso en demasía y régimen de lluvias en invierno. La temperatura media anual es de 22.3 °C; la máxima absoluta de 49.6 °C y la mínima absoluta es de -6 °C. Los meses más calurosos en los que se presentan las temperaturas máximas son junio, julio y agosto generalmente. Las heladas se presentan en forma esporádica en los meses de diciembre y enero. La precipitación media anual es de 60 mm y el número de días de lluvias en el año varía entre 3 y 11. La evaporación es intensa, varía a través del año desde 49.6 mm en el mes de diciembre y hasta 249.5 mm, en el mes de julio. La evaporación potencial media anual de 2,326 mm. Los vientos se presentan todo el año, con dirección Noroeste de octubre a mayo y con dirección Sureste en los meses de junio a septiembre, con intensidad moderada.

### 5.2. Suelos de la región

El origen mineralógico de los suelos del Valle de Mexicali es indeterminado, pues estos provienen de los detritus intemperizados de un gran número de

rocas, arrastrados por la aguas del Río Colorado, antes de la construcción de las presas de almacenamiento Hoover, Davis y Parker, localizadas en la parte alta de la cuenca del Colorado en los E.U.A; siendo así, suelos aluviales, formados por deposiciones sucesivas de los materiales en suspensión y arrastre que en grandes volúmenes se transportaban hacia el golfo de California, por otra parte los suelos situados en una franja angosta colindante con las sierras que limitan al valle por el Oeste, son aluviales y coluviales formados por el acarreo y depósitos de materiales procedentes de la desintegración de las rocas originarias de estas sierras. En ellos se distinguen dos materiales de aluvión; el primero, ocupa los niveles más altos y han formado suelos de textura gruesa, más desarrollados y típicamente desérticos, que corresponden al material más antiguo; y el segundo, que se localiza en niveles más bajos, donde se han formado suelos de partículas más finas, menos desarrollados y típicamente salinos. En un estudio de suelos efectuado en el Valle de Mexicali, se identificaron seis series y 26 tipos de suelos tomando como base la textura. (García, 1992).

### **5.3. Delimitación geográfica**

El valle de Mexicali está rodeado por diversos tipos de linderos geográficos, entre los cuales se encuentran los siguientes: al Sureste por el conjunto montañoso llamado Sierra de Las Pintas, se encuentra limitado al Golfo de California por el Sur; en algunas partes los afloramientos rocosos están cubiertos por los materiales deltaicos acarreados por el Río Colorado, las mareas y los vientos.

Estas montañas que limitan al valle son de carácter volcánico con aparato cinético degradado; al Norte está delimitado por el Valle de Imperial, California; al Oeste por la Sierra de Juárez. Un plano de suelos elaborado en el año de 1966, en el Distrito de Riego Número 014 Río Colorado, a una escala de 1:100,000, ubica a la región con una superficie de 308,400 ha, a grupos de suelos que, de acuerdo a la clasificación norteamericana, se definen como series de suelos.

### **5.4. Ubicación del área de estudio**

El experimento se realizó en el laboratorio del Instituto de Ciencias Agrícolas de la UABC, ubicado en el Valle de Mexicali B. C. El cual está situado en los meri-

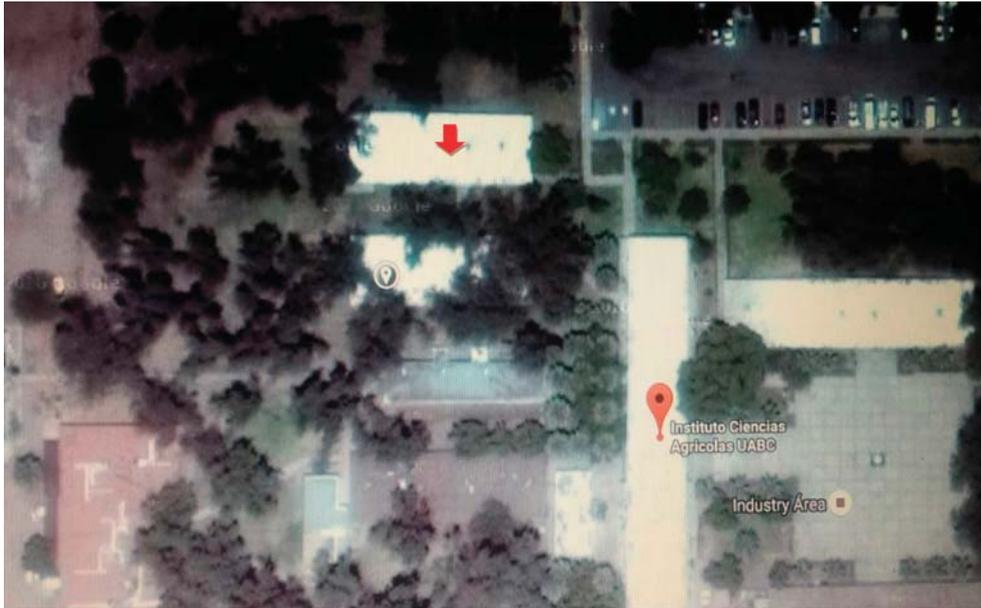


Figura 3. Ubicación del laboratorio de fitopatología del Instituto de Ciencias Agrícolas, U.A.B.C. en el Valle de Mexicali, B.C.

dianos 115°11'51.7" longitud oeste del meridiano de Greenwich y los paralelos 32°24'27.6" latitud norte (Figura 3).

### 5.5. Descripción del proceso de inoculación

El inóculo que se utilizó en el experimento, se aisló de una muestra de alfalfa, que se extrajo de un predio ubicado en el Ejido Chiapas, en el valle de Mexicali. Se utilizaron vasos de foam número 12 y se llenaron con *peat moss* estéril para realizar la siembra. El riego se aplicó de forma manual, las veces que se requirió, utilizando agua destilada. En total, se utilizaron 16 vasos por cada cultivo, para establecer los tratamientos, con 4 repeticiones cada uno. Cuando se logró aproximadamente una altura de cinco centímetros, las plántulas fueron inoculadas. Se tomó una sección de 3 mm de diámetro del inóculo con el patógeno *Fusarium oxysporum f. sp. Medicaginis*, desde una caja de Petri, colocándose sobre la base del tallo de las plántulas, de acuerdo a los tratamientos correspondientes. (Figura 4)



Figura 4. Plántulas inoculadas con *Fusarium oxysporum* f. sp. *Medicaginis* en condiciones de laboratorio.

## 5.6. Tratamientos aplicados en el experimento

Se evaluaron cuatro tratamientos que involucran al inóculo del fitoparásito, un testigo y un tratamiento generando una herida en la plántula, como a continuación se describe:

Letra asignada por tratamiento	Nombre de los tratamientos	Descripción
A	TESTIGO	Plántula sin manipulación.
B	LESIÓN + INÓCULO	Cada plántula se perforó con un agujero en la base del tallo, donde se colocó el inóculo.
C	INÓCULO	Se colocó el inóculo en la base del tallo de cada plántula, sin ninguna herida.
D	LESIÓN	La plántula se perforó con una aguja en la base del tallo.

Tabla 3. Tratamientos aplicados en el proceso de inoculación de las plántulas, utilizadas en el experimento.

### 5.7 Variables evaluadas en el experimento

Fueron cuatro las variables analizadas en cada experimento y las descripciones de las mismas se observan en la Tabla 4:

No. Variable	Variable agronómica	Descripción
1	Peso de raíz	Esta variable se determinó, realizando un corte sobre el área de diferenciación entre la raíz y el tallo. Se tomó la raíz y se pesó en una balanza analítica, expresando la información en gramos.
2	Peso de tallo	Esta variable se obtuvo, pesando la sección de tallo correspondiente a cada uno de los cortes realizados para determinar la variable anterior. De igual forma, se pesó en una balanza analítica, expresando la información en gramos.
3	Longitud de raíz	En cada una de las raíces seccionadas, se midió la longitud correspondiente en centímetros.
4	Longitud de tallo	En esta variable, se midió el crecimiento logrado en cada tratamiento y se registró en centímetros.

*Tabla 4. Variables agronómicas consideradas en el proceso de inoculación de las plantas hospederas.*

### 5.8. Análisis e interpretación estadística

Las variables propuestas en la investigación se sometieron a un diseño completamente al azar (D.C.A.). Así mismo, se realizó un análisis de varianza (ANVA), utilizando la prueba de comparación de medias de Duncan al 0.05 (Steel & Torrie, 1998), en apego al siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \sum_j + \delta_{ij}$$

Donde:

- $Y_{ij}$  = Variable de respuesta del  $i$ -ésimo tratamiento en la  $j$ -ésima repetición  
 $\mu$  = Media poblacional  
 $\alpha_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo tratamiento  
 $\sum_j$  = Efecto del  $j$ -ésima repetición  
 $\delta_{ij}$  = Error
- 

*Tabla 5. Modelo estadístico utilizado en el experimento sobre inoculación de diversas plántulas por *Fusarium oxysporum* f.sp. *Medicaginis*.*

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

---

Los resultados obtenidos muestran un efecto importante de los tratamientos, el que se refleja claramente en la expresión de las variables agronómicas, como se observa a continuación:

### **6.1. Peso de raíz obtenida mediante la inoculación de *Fusarium oxysporum*, en el cultivo de frijol**

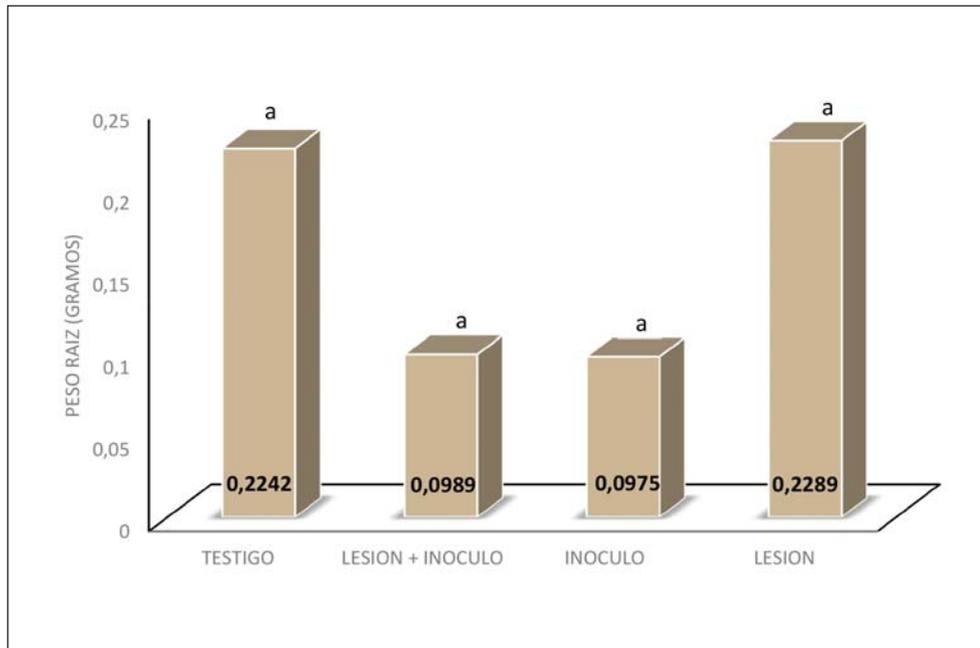
En relación a la variable peso de raíz (Cuadro 1), se pudo observar que se define solo un grupo estadístico, marcando a los cuatro tratamientos con la literal “a”. No obstante, los valores obtenidos indican que los tratamientos Lesión + Inóculo con un valor de 0.0989 y el Inóculo con 0.0975 fueron notoriamente los más afectados, debido al efecto del parasitismo que ocasiona el patógeno sobre un hospedero susceptible.

En la Gráfica 1, se aprecia que, en peso de raíz, destaca la expresión de dos tratamientos: Lesión con 0.2289 g y el tratamiento Testigo con 0.2242 g, debido a la inexistencia del inóculo. En cambio, el resto de los tratamientos, en donde se aplicó el patógeno, demostraron ser los más afectados al someter la plántula al efecto del microorganismo nocivo, observando solo un peso de raíz de 0.0989 g para el tratamiento Lesión + Inóculo y el más dañado, donde solo se utilizó el Inóculo, con 0.0975 g.

Tratamiento	Peso (g)	Clasificación estadística
D. LESIÓN	0.2289	a
A. TESTIGO	0.2242	a
B. LESIÓN + INÓCULO	0.0989	a
C. INÓCULO	0.0975	a

Tratamientos definidos con la misma letra, son estadísticamente iguales.  
Duncan  $\alpha = 0.05$

*Cuadro 1. Peso de raíz obtenida mediante la inoculación de *Fusarium oxysporum*, en el cultivo de frijol.*



*Gráfica 1. Peso de raíz obtenida mediante la inoculación de *Fusarium oxysporum*, en el cultivo de frijol.*

## 6.2. Peso de tallo obtenido mediante la inoculación de *Fusarium oxysporum*, en el cultivo de frijol

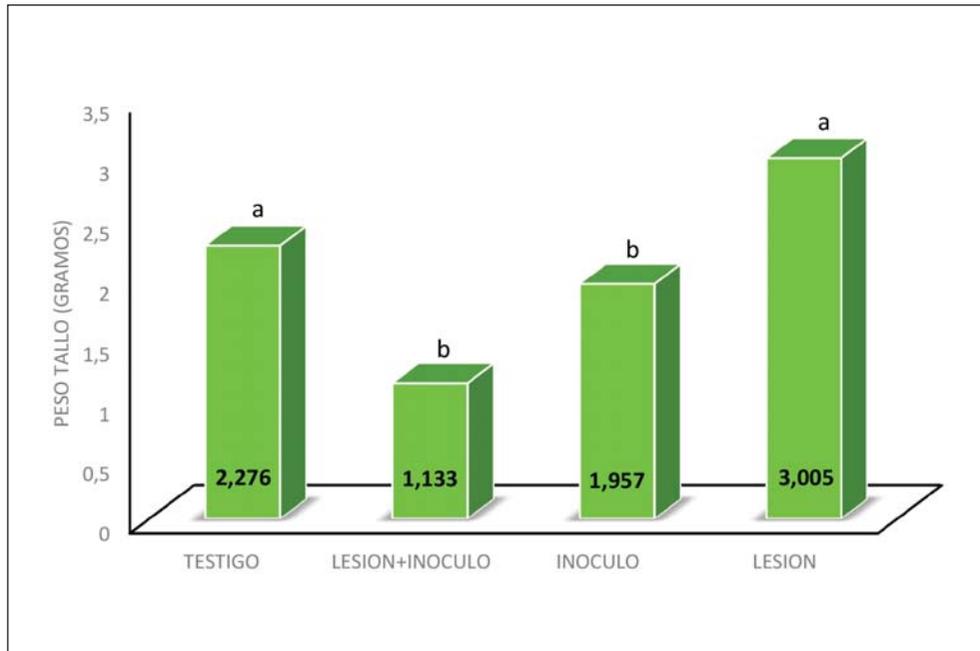
Al igual que en la variable anterior, se pudo observar que el comportamiento de los tratamientos fue muy similar, al definirse nuevamente un grupo estadístico (a). Sin embargo, es importante señalar que, por la intervención del inóculo en los dos tratamientos, se afectó drásticamente a la plántula, al obtenerse los valores más bajos, observando al Inóculo con 1.9570 (C) y la Lesión + Inóculo desarrollando un peso de 1.1330 (B) (Cuadro 2).

Tratamiento	Peso (g)	Clasificación estadística
D. LESIÓN	3.005	a
A. TESTIGO	2.276	a
C. INÓCULO	1.957	a
B. LESIÓN + INÓCULO	1.133	b

Tratamientos definidos con la misma letra, son estadísticamente iguales.  
Duncan  $\alpha = 0.05$

*Cuadro 2. Peso de tallo obtenido con la inoculación de *Fusarium oxysporum*, en el cultivo de frijol.*

En la Gráfica 2, se aprecia que, en peso de tallo, destaca la expresión de dos tratamientos: Lesión con 3.0051 g y el Testigo con 2.2760 g, valores asociados a la inexistencia del Inóculo. En los tratamientos restantes, en donde se aplicó el Inóculo, demostraron ser los más afectados al someter la plántula al efecto del patógeno, observando solo un peso de tallo de 1.9570 g para el tratamiento con Inóculo y el más afectado, en donde se realizó la Lesión + Inóculo (B), con solo 0.0975 g de peso.



Gráfica 2. Peso de tallo obtenido mediante la inoculación de *Fusarium oxysporum*, en el cultivo de frijol.

### 6.3. Longitud de raíz obtenida mediante la inoculación de *Fusarium oxysporum*, en el cultivo de frijol

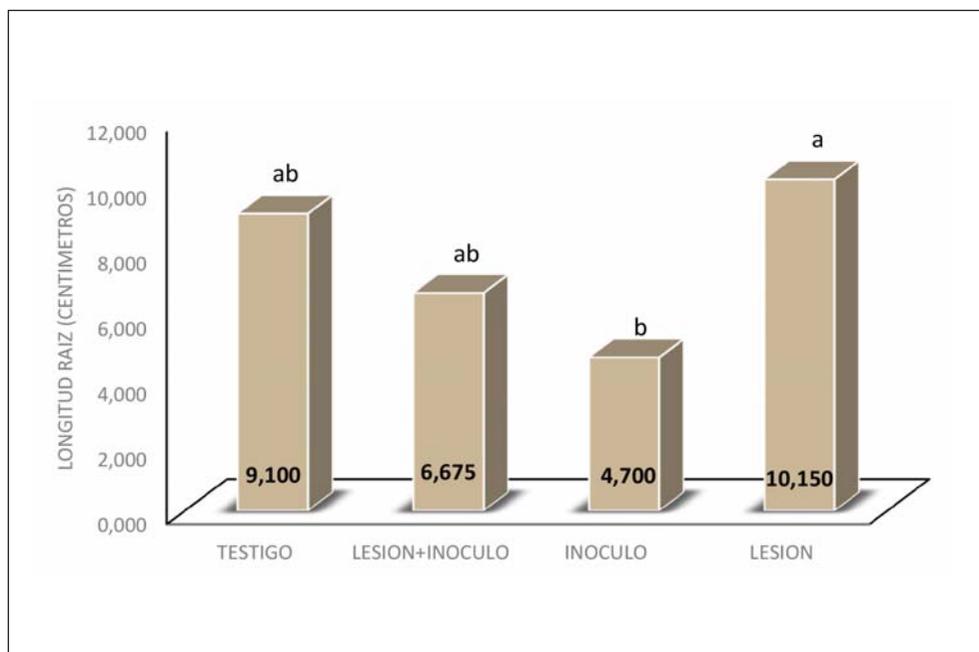
Para la variable longitud de raíz, se conformaron tres grupos estadísticos, sobresaliendo nuevamente el tratamiento con la Lesión (D) 10.150, seguido por el tratamiento Testigo 9.100 (A). Es importante señalar que los dos tratamientos relacionados con la manipulación del Inóculo, fueron los más afectados, lo que se puede apreciar en el Cuadro 3.

En la Gráfica 3, se observa que, para la longitud de raíz, nuevamente los tratamientos: Lesión con 10.150 cm y el Testigo con 9.100 cm, fueron los más sobresalientes, en cambio los tratamientos restantes, en donde se utilizó el Inóculo, demostraron ser los más afectados al someter la plántula al efecto del patógeno, donde se aprecia que el tratamiento Lesión + Inóculo, solo obtuvo 6.675 cm, mientras que el tratamiento con Inóculo, tan solo 4.700 cm.

Tratamiento	Longitud (cm)	Clasificación estadística
D. LESIÓN	10.150	a
A. TESTIGO	9.100	ab
B. LESIÓN + INÓCULO	6.675	ab
C. INÓCULO	4.700	b

Tratamientos definidos con la misma letra, son estadísticamente iguales.  
Duncan  $\alpha = 0.05$

*Cuadro 3. Longitud de raíz obtenida mediante la inoculación de Fusarium oxysporum, en el cultivo de frijol.*



*Gráfica 3. Longitud de la raíz obtenida mediante la inoculación de Fusarium oxysporum, en el cultivo de frijol.*

#### 6.4. Longitud de tallo obtenida mediante la inoculación de *Fusarium oxysporum*, en el cultivo de frijol

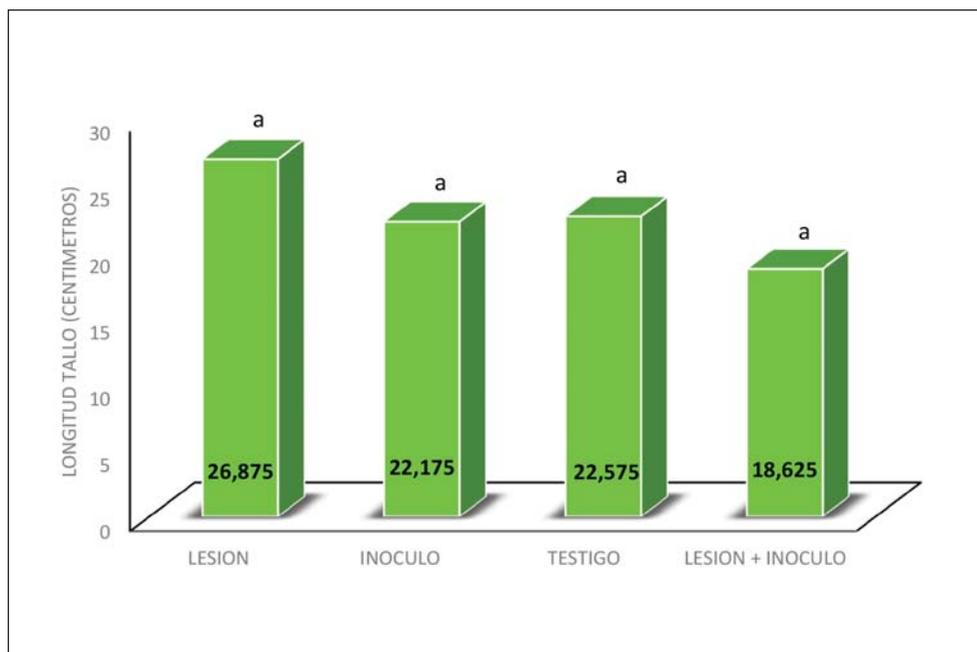
En el análisis realizado para la longitud de tallo, se estructuró un solo grupo estadístico, como se observa en el Cuadro 4. Además, se pudo apreciar una vez más que los tratamientos “D” (Lesión) y el Testigo, fueron los más destacados, observándose a los tratamientos con el efecto del microorganismo, como los más afectados.

Tratamiento	Literal	Clasificación estadística
D. LESIÓN	26.875	a
A. TESTIGO	22.575	a
C. INÓCULO	22.175	a
B. LESIÓN + INÓCULO	18.625	a

Tratamientos definidos con la misma letra, son estadísticamente iguales.  
Duncan  $\alpha = 0.05$

*Cuadro 4. Longitud de tallo obtenido mediante la inoculación de *Fusarium oxysporum*, en el cultivo de frijol.*

La Gráfica 4, muestra como tanto el tratamiento donde se aplicó la Lesión con 26.875 cm y el Testigo con 22.575 cm, desarrollaron un tallo más grande, en contraste con el tratamiento en donde se utilizó el inóculo y Lesión + Inóculo, donde se obtuvieron respectivamente 22.175 cm y 18.625 cm, en el experimento.



Gráfica 4. Longitud de tallo obtenido mediante la inoculación de *Fusarium oxysporum*, en el cultivo de frijol.

### 6.5. Peso de raíz obtenida mediante el proceso de inoculación por *Fusarium oxysporum*, en el cultivo de girasol

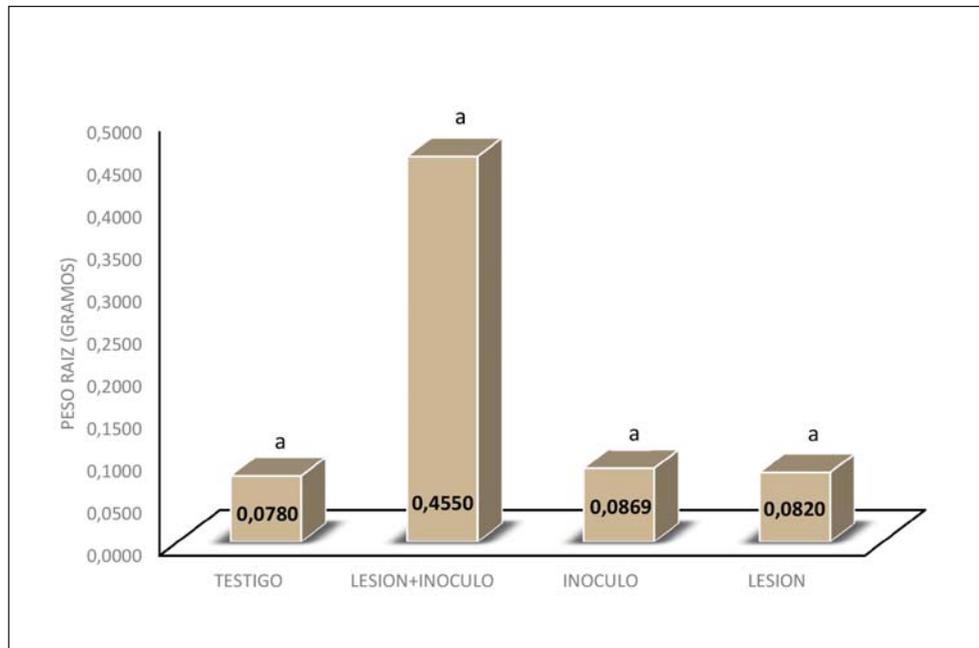
En la variable de peso de raíz en cultivo de girasol, nuevamente se formó un solo grupo estadístico, todos catalogados como “a” aun cuando numéricamente se observa un contraste, según lo esperado en el experimento, tal y como se observa en el Cuadro 5.

En la Gráfica 5, se puede apreciar que los resultados indican que el testigo, con un valor de 0.0780 g, fue el que menos demostró desarrolló en cambio el tratamiento con Lesión + Inóculo, con un valor de 0.4550 g, resultó el que mayor peso obtuvo, seguido por los tratamientos Inóculo 0.0869 g y Lesión 0.0820 g, donde ambos promovieron un moderado peso en la raíz, en la plántula de girasol.

Tratamiento	Peso (g)	Clasificación estadística
B. LESIÓN + INÓCULO	0.4550	a
C. INÓCULO	0.0869	a
D. LESIÓN	0.0820	a
A. TESTIGO	0.0780	a

Tratamientos definidos con la misma letra, son estadísticamente iguales.  
Duncan  $\alpha = 0.05$

*Cuadro 5. Peso de raíz obtenida mediante la inoculación de *Fusarium oxysporum*, en el cultivo de girasol.*



*Gráfica 5. Peso de raíz obtenida mediante la inoculación de *Fusarium oxysporum*, en el cultivo de girasol.*

### 6.6. Peso de tallo obtenido mediante el proceso de inoculación por *Fusarium oxysporum*, en el cultivo de girasol

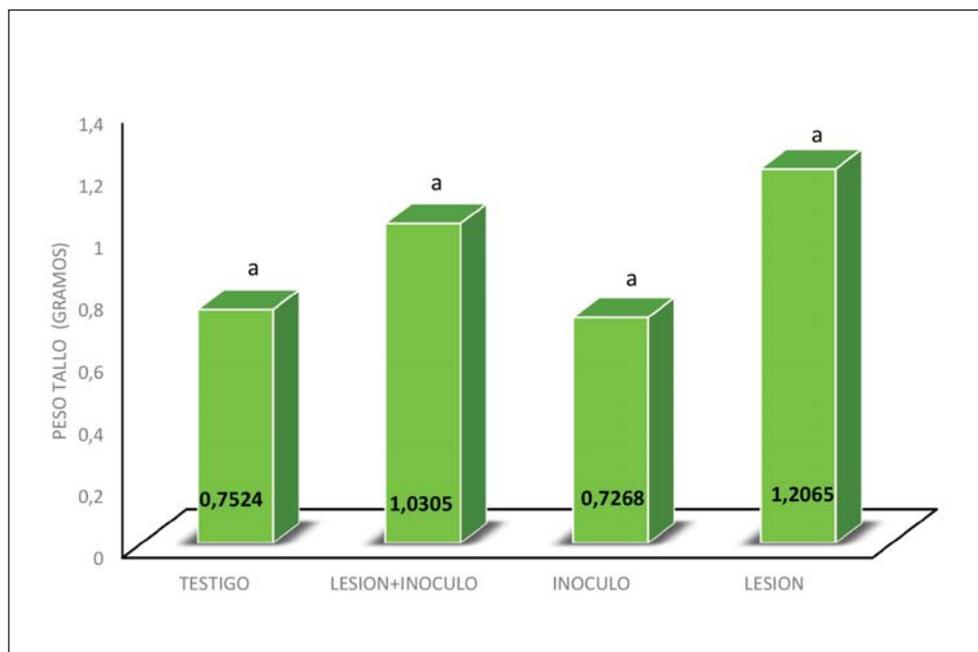
Para esta variable peso tallo, se pudo observar que el comportamiento de los tratamientos fue diferente, solo un grupo estadístico. Es importante señalar que el el Testigo e Inóculo, observaron con un mayor efecto en la plántula, al inducirse valores muy bajos, con 0.7524 (a) y 0.7268 (a) respectivamente (Cuadro 6).

Tratamiento	Literal	Clasificación estadística
D. LESIÓN	D	a
B. LESIÓN + INÓCULO	B	a
A. TESTIGO	A	a
C. INÓCULO	C	a

Tratamientos definidos con la misma letra, son estadísticamente iguales.  
Duncan  $\alpha = 0.05$

*Cuadro 6. Peso de tallo obtenido mediante la inoculación de *Fusarium oxysporum*, en el cultivo de girasol.*

En la Gráfica 6, se observa que la lesión permitió un mayor peso en el tallo, con 1.2065 g, comportamiento muy similar manifestado por el tratamiento con Lesión + Inóculo 1.0305 g y el Testigo con 0.7524 g, donde se aprecia también que el tratamiento Inóculo, con 0.7268 g, fue el que más daño obtuvo.



Gráfica 6. Peso de tallo obtenido mediante la inoculación de *Fusarium oxysporum*, en el cultivo de girasol.

### 6.7. Longitud de raíz obtenida mediante la inoculación de *Fusarium oxysporum*, en el cultivo de girasol

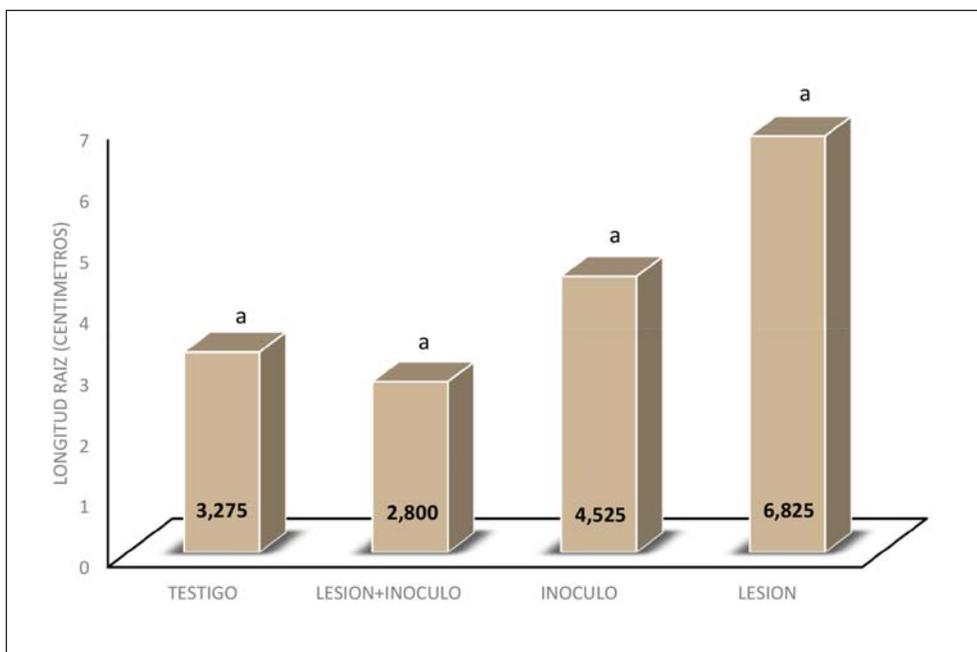
Para esta variable, se pudo observar que hay un solo grupo estadístico. Es importante indicar que el Testigo y el tratamiento Lesión + Inóculo, observaron un mayor efecto en la plántula, al inducirse valores muy bajos, con 3.275 cm y 2.800 cm respectivamente (Cuadro 7).

En la Gráfica 7, se aprecia que en la variable longitud de raíz, resalta la expresión de dos tratamientos: Lesión con 6.825 cm y el tratamiento Inóculo con 4.525 cm, Los tratamientos restantes fueron los más afectados, el Testigo con 3.275 cm. para el tratamiento Lesión + Inóculo fue el que más efecto tuvo por esta expuesto al parasitismo del patógeno con una longitud de raíz de 2.800 cm.

Tratamiento	Longitud (cm)	Clasificación estadística
D. LESIÓN	6.825	a
C. INÓCULO	4.525	a
A. TESTIGO	3.275	a
B. LESIÓN + INÓCULO	2.800	a

Tratamientos definidos con la misma letra, son estadísticamente iguales. Duncan  $\alpha = 0.05$

*Cuadro 7. Longitud de raíz obtenida mediante la inoculación de Fusarium oxysporum, en el cultivo de girasol.*



*Gráfica 7. Longitud de raíz obtenida mediante la inoculación de Fusarium oxysporum, en el cultivo de girasol.*

### 6.8. Longitud de tallo obtenido mediante la inoculación de *Fusarium oxysporum*, en el cultivo de girasol

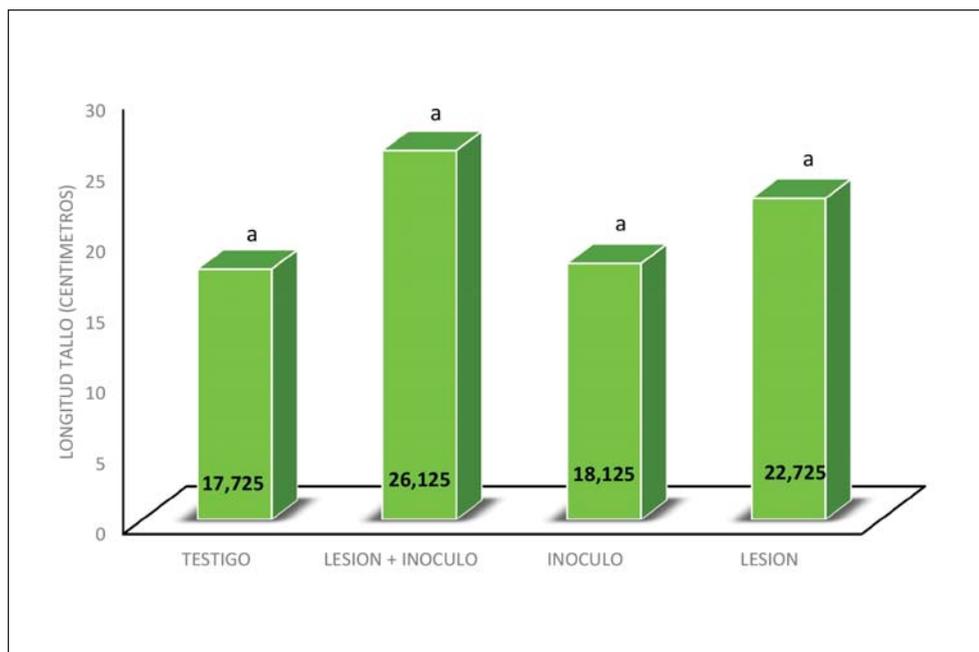
En el análisis realizado para la variable longitud de tallo en la plántula de girasol nuevamente se formó un solo grupo estadístico, todos catalogados como “a” aun cuando numéricamente se observa un contraste en algunos tratamientos según lo esperado en el experimento, y como se observa en el Cuadro 8.

Tratamiento	Longitud (cm)	Clasificación estadística
B. LESIÓN + INÓCULO	26.125	a
D. LESIÓN	22.725	a
C. INÓCULO	18.125	a
A. TESTIGO	17.725	a

Tratamientos definidos con la misma letra, son estadísticamente iguales.  
Duncan  $\alpha = 0.05$

*Cuadro 8. Longitud de tallo obtenido mediante la inoculación de Fusarium oxysporum, en el cultivo de girasol.*

En la Gráfica 8, se puede apreciar que los resultados indican que el Testigo, con un valor de 17.725 cm, fue el que menos demostró desarrolló en cambio, el tratamiento de la Lesión + Inóculo, con un valor de 26.125 cm, resultó el de mayor longitud de tallo, seguido por los tratamientos Lesión 22.725 cm e Inóculo 18.125 cm, donde ambos promovieron un moderado crecimiento de tallo, en la plántula de girasol.



Gráfica 8. Longitud tallo obtenido mediante la inoculación de *Fusarium oxysporum*, en el cultivo de girasol.

### 6.9. Peso de raíz obtenida mediante la inoculación de *Fusarium oxysporum*, en el cultivo de pakchoi

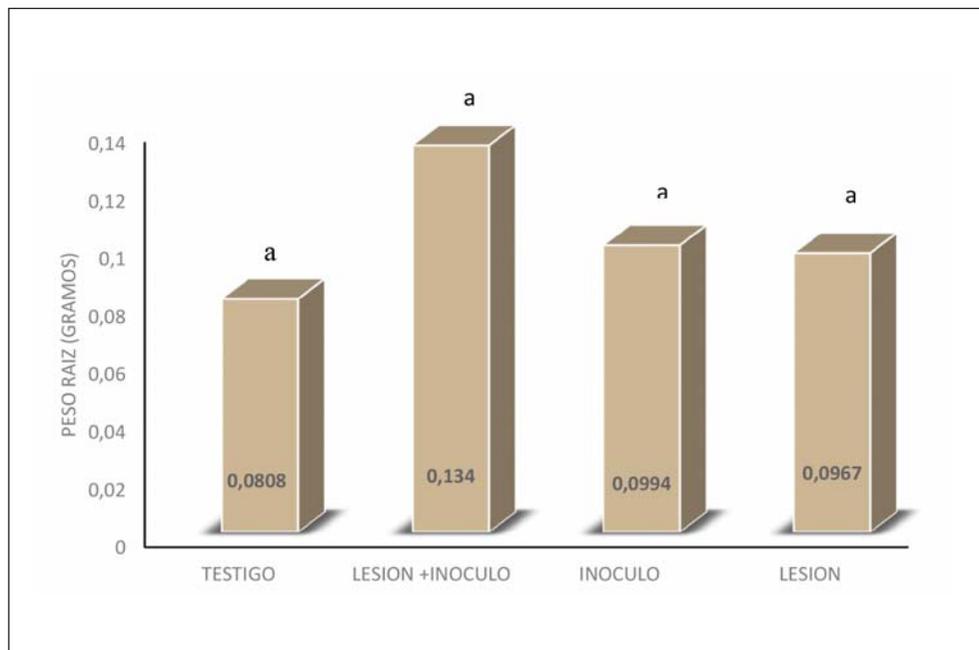
En el Cuadro 9 se pudo observar que se define solo un grupo estadístico, marcando a los cuatro tratamientos con la literal “a”. No obstante, por el contrario a lo esperado, los valores obtenidos indican que los tratamientos donde no se utilizó el Inóculo con un valor de 0.0808 para el testigo y en el tratamiento con la Lesión con 0.0967, fueron los más afectados.

En la Gráfica 9, se aprecia que, en peso de raíz, sobresale la expresión de dos tratamientos: Lesión + Inóculo con 0.1340 g y el tratamiento donde se utilizó el inóculo con 0.0994 g. En cambio, se obtuvo un 0.0967 g. por el efecto del tratamiento con la Lesión y en donde se utilizó el Testigo, solo un 0.0808 g.

Tratamiento	Peso (g)	Clasificación estadística
B. LESIÓN + INÓCULO	0.1340	a
C. INÓCULO	0.0994	a
D. LESIÓN	0.0967	a
A. TESTIGO	0.0808	a

Tratamientos definidos con la misma letra, son estadísticamente iguales. Duncan  $\alpha = 0.05$

*Cuadro 9. Peso de raíz obtenida mediante la inoculación de Fusarium oxysporum, en el cultivo de pakchoi.*



*Gráfica 9. Peso de raíz obtenida mediante la inoculación de Fusarium oxysporum, en el cultivo de pakchoi.*

### 6.10. Peso de tallo obtenido mediante el proceso de inoculación por *Fusarium oxysporum*, en el cultivo de pakchoi

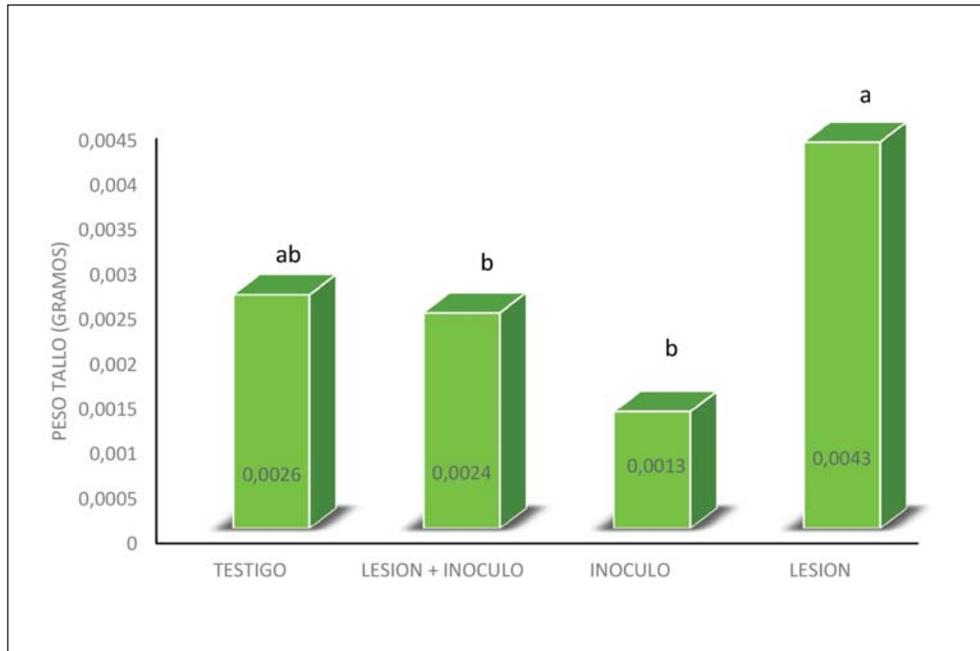
Para esta variable, se pudo observar que el comportamiento de los tratamientos fue diferente, al definirse tres grupos estadísticos. Es importante indicar que los tratamientos con el Inóculo y Lesión + Inóculo, observaron un mayor afecto en la plántula, al inducirse valores muy bajos, con 0.0013 (b) y 0.0024 (b) respectivamente (Cuadro 10).

Tratamiento	Peso (cm)	Clasificación estadística
D. LESIÓN	0.0043	a
A. TESTIGO	0.0026	ab
B. LESIÓN + INÓCULO	0.0024	b
C. INÓCULO	0.0013	b

Tratamientos definidos con la misma letra, son estadísticamente iguales.  
Duncan  $\alpha = 0.05$

*Cuadro 10. Peso de tallo obtenida mediante la inoculación de Fusarium oxysporum, en el cultivo de pakchoi.*

En la Gráfica 10, se aprecia que para la variable peso de tallo, resalta la expresión de dos tratamientos: Lesión con 0.0043 g y el tratamiento Testigo con 0.0026 g, valores asociados a la inexistencia del Inóculo. Los tratamientos restantes, resultaron ser los más afectados al someter la plántula al efecto del patógeno, observando solo un peso de tallo de 0.0024 g para el tratamiento Lesión + Inóculo y el tratamiento con el inóculo, el más dañado con 0.0013 g.



Gráfica 10. Peso de tallo obtenido mediante la inoculación de *Fusarium oxysporum*, en el cultivo de pakchoi.

### 6.11. Longitud de raíz obtenida mediante la inoculación de *Fusarium oxysporum*, en el cultivo de pakchoi

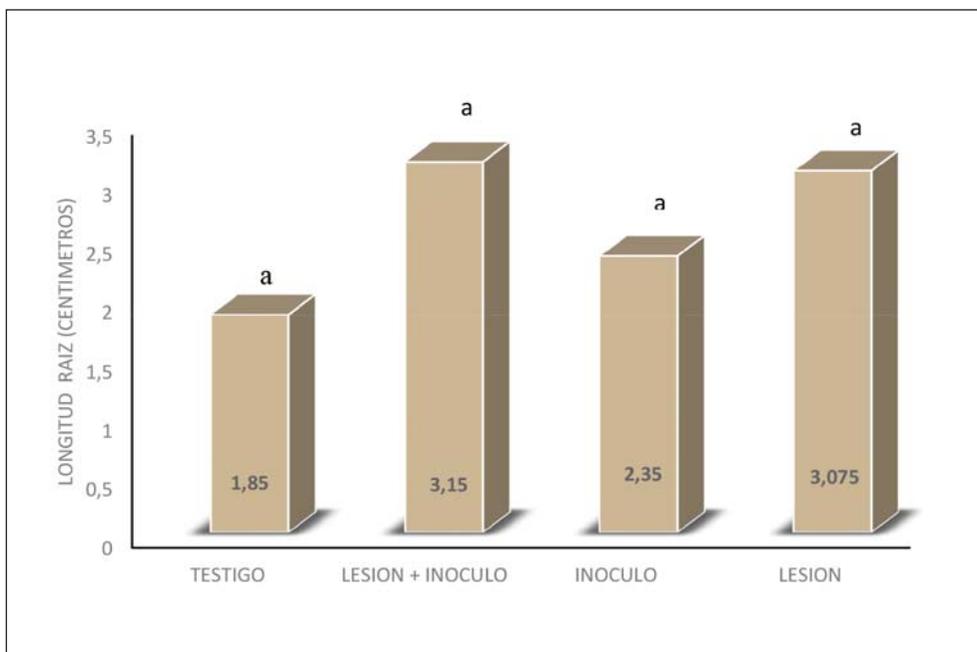
Para la variable longitud de raíz, es importante señalar que los tratamientos fueron estadísticamente similares; donde destaca el tratamiento con el Testigo con 1.850 (a), expresando la menor longitud del órgano afectado (Cuadro 11).

En la Gráfica 11, se observa que el tratamiento Lesión + Inóculo permitió la mayor longitud de raíz, con (3.15 cm); comportamiento muy similar manifestado por el tratamiento con Lesión (3.075 cm), donde se aprecia también que el tratamiento Inóculo, con 2.35 cm, y Testigo (1.85 cm) fueron los más dañado.

Tratamiento	Longitud (cm)	Clasificación estadística
B. LESIÓN + INÓCULO	3.150	a
D. LESIÓN	3.075	a
C. INÓCULO	2.350	a
A. TESTIGO	1.850	a

Tratamientos definidos con la misma letra, son estadísticamente iguales. Duncan  $\alpha = 0.05$

*Cuadro 11. Longitud de raíz obtenida mediante la inoculación de Fusarium oxysporum, en el cultivo de pakchoi.*



*Gráfica 11. Longitud de raíz obtenida mediante la inoculación de Fusarium oxysporum, en el cultivo de pakchoi.*

### 6.12. Longitud de tallo obtenido mediante la inoculación de *Fusarium oxysporum*, en el cultivo de pakchoi

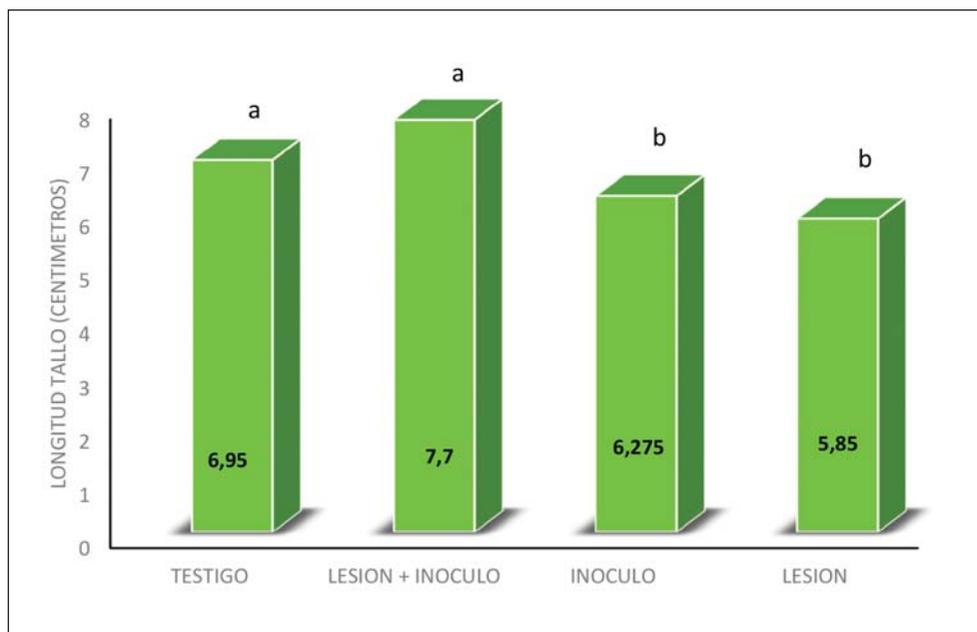
El análisis realizado para la variable longitud de tallo en la plántula de pakchoi, se observó que los tratamientos más sobresalientes fueron Lesión + Inóculo (7.700) y testigo (6.950); en cambio los tratamientos donde se utilizó el Inóculo, se obtuvo una longitud de solo 6.275 y el tratamiento con la Lesión, logró solo 5.850 cm (Cuadro 12).

Tratamiento	Longitud (cm)	Clasificación estadística
B. LESIÓN + INÓCULO	7.700	a
A. TESTIGO	6.950	a
C. INÓCULO	6.275	b
D. LESIÓN	5.850	b

Tratamientos definidos con la misma letra, son estadísticamente iguales.  
Duncan  $\alpha = 0.05$

*Cuadro 12. Longitud de tallo obtenida mediante la inoculación de *Fusarium oxysporum*, en el cultivo de pakchoi.*

En la Gráfica 12, se puede apreciar que los resultados indican que el tratamiento con la Lesión, con un valor de 5.850 cm, fue el que menos demostró desarrolló; en cambio, el tratamiento de la Lesión + Inóculo, con un valor de 7.700 cm, resultó el de mayor longitud de tallo, seguido por los tratamientos Testigo (6.950 cm) e Inóculo (6.275 cm).



Gráfica 12. Longitud de tallo obtenido mediante la inoculación de *Fusarium oxysporum*, en el cultivo de pakechoi.

### 6.13. Peso de raíz obtenida mediante el proceso de inoculación por *Fusarium oxysporum*, en el cultivo de Tomatillo

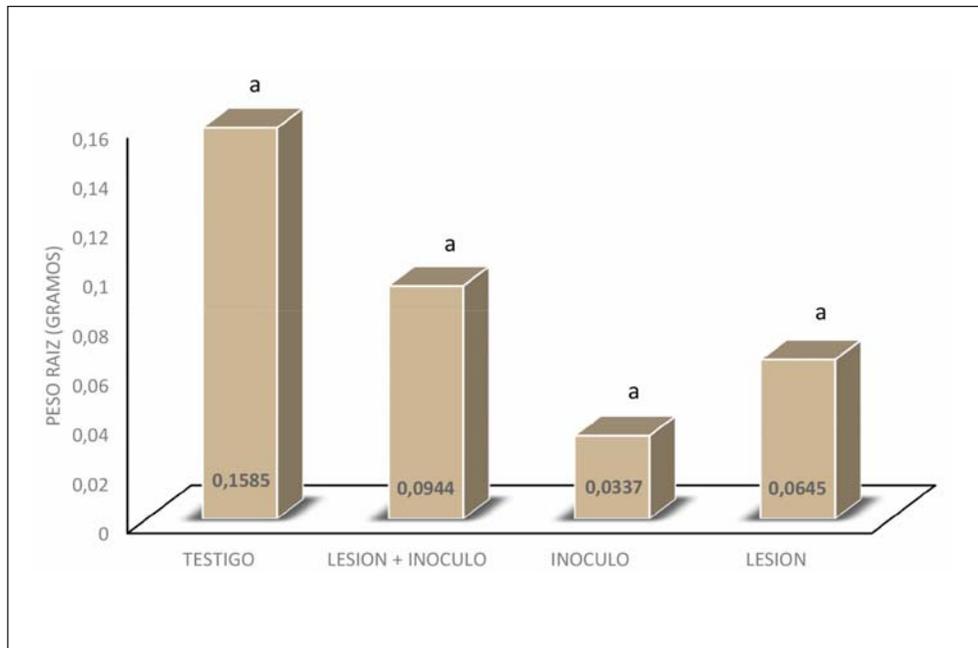
En relación a la variable peso de raíz, en la plántula de tomatillo (Cuadro 13), se observó que se define solo un grupo estadístico, señalando a los cuatro tratamientos con la literal “a”. No obstante, los valores obtenidos indican que los tratamientos donde se utilizó el Inóculo con un valor de 0.0337 y en donde se realizó la Lesión con 0.0645, fueron notoriamente los más afectados; mientras tanto, en el Testigo con 0.1585 g, fue el tratamiento más desarrollado.

En la Gráfica 13, se aprecia que, en peso de raíz, sobresale la expresión de dos tratamientos: Testigo con 0.1585 g y el tratamiento Lesión + Inóculo con 0.0994 g, debido a la inexistencia del inóculo. En cambio, el resto de los tratamientos, en donde se empleó el patógeno, demostraron ser los más afectados al someter la plántula al efecto del fitopatógeno, observando solo un peso de raíz de 0.0645 g por el efecto del tratamiento con la Lesión y el más dañado, donde se utilizó el Inóculo, con 0.0337 g.

Tratamiento	Peso (g)	Clasificación estadística
A. TESTIGO	0.1585	a
B. LESIÓN + INÓCULO	0.0944	a
D. LESIÓN	0.0645	a
C. INÓCULO	0.0337	a

Tratamientos definidos con la misma letra, son estadísticamente iguales.  
Duncan  $\alpha = 0.05$

*Cuadro 13. Peso de raíz obtenida mediante la inoculación de *Fusarium oxysporum*, en el cultivo de tomatillo.*



*Gráfica 13. Peso de raíz obtenida mediante la inoculación de *Fusarium oxysporum*, en el cultivo de tomatillo.*

### 6. 14. Peso de tallo obtenido mediante el proceso de inoculación por *Fusarium oxysporum*, en el cultivo de tomatillo

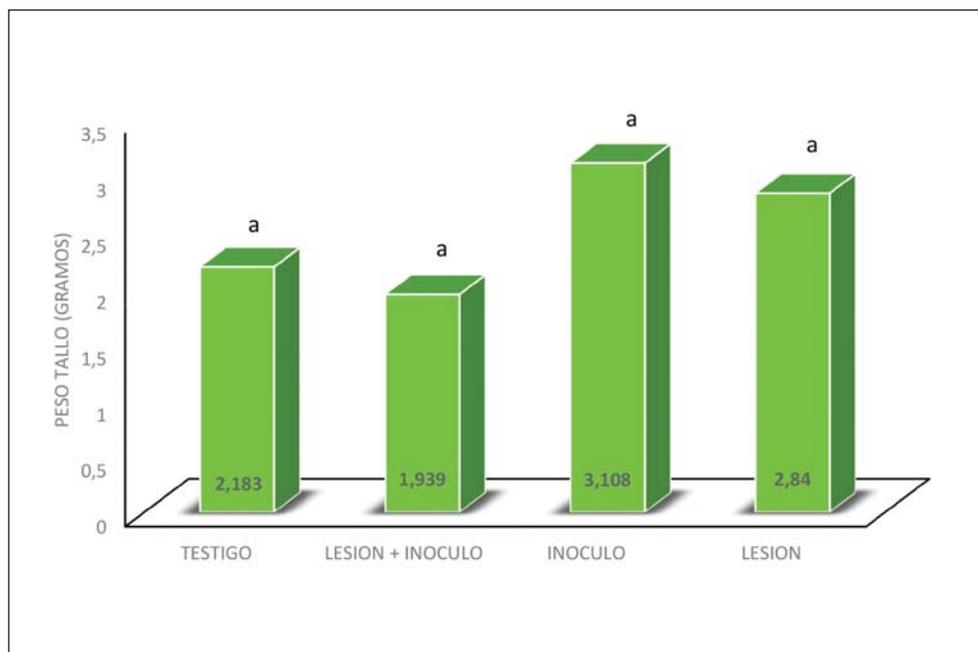
Para esta variable, se pudo observar que el comportamiento de los tratamientos fue muy similar, al definirse solo un grupo estadístico. Es importante indicar que el tratamiento con Lesión + Inóculo, observó un mayor efecto en la plántula, al inducirse valores muy bajos, con 1.939 (Cuadro 14).

Tratamiento	Peso (g)	Clasificación estadística
C. INÓCULO	3.108	a
D. LESIÓN	2.840	a
A. TESTIGO	2.183	a
B. LESIÓN + INÓCULO	1.939	a

Tratamientos definidos con la misma letra, son estadísticamente iguales.  
Duncan  $\alpha = 0.05$

*Cuadro 14. Peso de tallo obtenida mediante la inoculación de *Fusarium oxysporum*, en el cultivo de tomatillo.*

En la Gráfica 14, se aprecia que en la variable peso de tallo, resalta la expresión de dos tratamientos: inóculo con 3.108 g y el tratamiento Lesión con 2.840 g, valores asociados a la inexistencia del Inóculo. En cambio, los tratamientos restantes, resultaron ser los más afectados al someter la plántula al efecto del patógeno, observando un peso de tallo de 2.183 g para el tratamiento con el Testigo y el más afectado Lesión + Inóculo. (a), con 1.939 g.



Gráfica 14. Peso de tallo obtenido mediante la inoculación de *Fusarium oxysporum*, en el cultivo de tomatillo.

### 6.15. Longitud de raíz obtenida mediante la inoculación de *Fusarium oxysporum*, en el cultivo de tomatillo

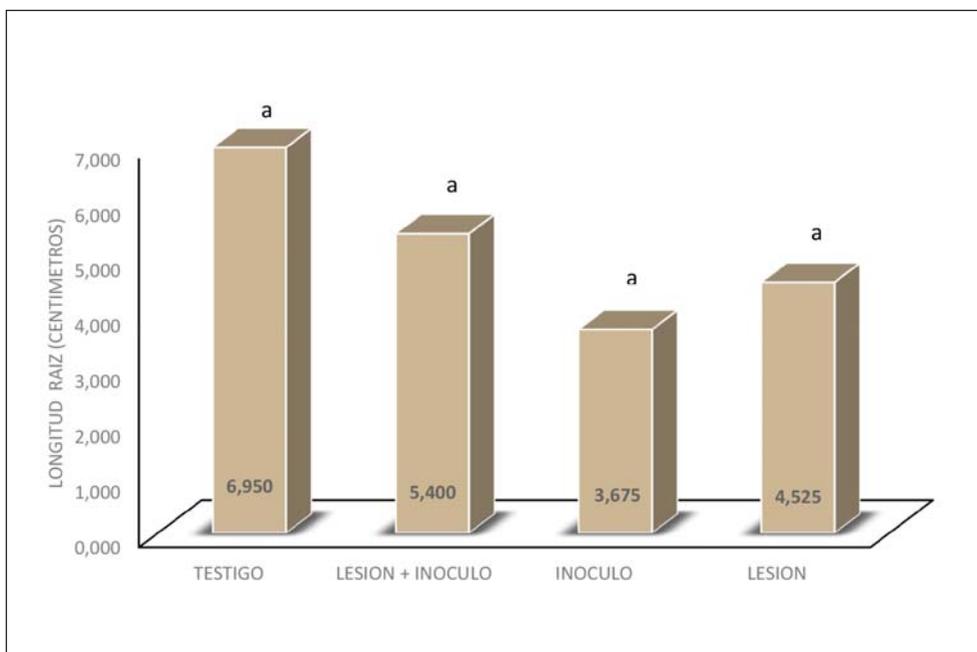
Para la variable longitud de raíz, es importante señalar que los tratamientos fueron estadísticamente iguales; donde destaca el tratamiento con Inóculo con 3.675 (a), expresando la menor longitud del órgano afectado (Cuadro 15).

En la Gráfica 15, se observa que el tratamiento testigo, permitió la mayor longitud de raíz, con 6.950 cm; comportamiento muy igualitario manifestado por el tratamiento con Lesión + Inóculo 5.400 cm; donde se aprecia también que el tratamiento con Lesión, donde se obtuvo solo 4.525 cm, y el Inóculo con 3.675 cm, fueron los más afectados.

Tratamiento	Longitud (cm)	Clasificación estadística
A. TESTIGO	6.950	a
B. LESIÓN + INÓCULO	5.400	a
D. LESIÓN	4.525	a
C. INÓCULO	3.675	a

Tratamientos definidos con la misma letra, son estadísticamente iguales.  
Duncan  $\alpha = 0.05$

*Cuadro 15. Longitud de raíz obtenida mediante la inoculación de Fusarium oxysporum, en el cultivo de tomatillo.*



*Gráfica 15. Longitud de raíz obtenida mediante la inoculación de Fusarium oxysporum, en el cultivo de pakchoi.*

### 6.16. Longitud de tallo obtenido mediante la inoculación de *Fusarium oxysporum*, en el cultivo de tomatillo

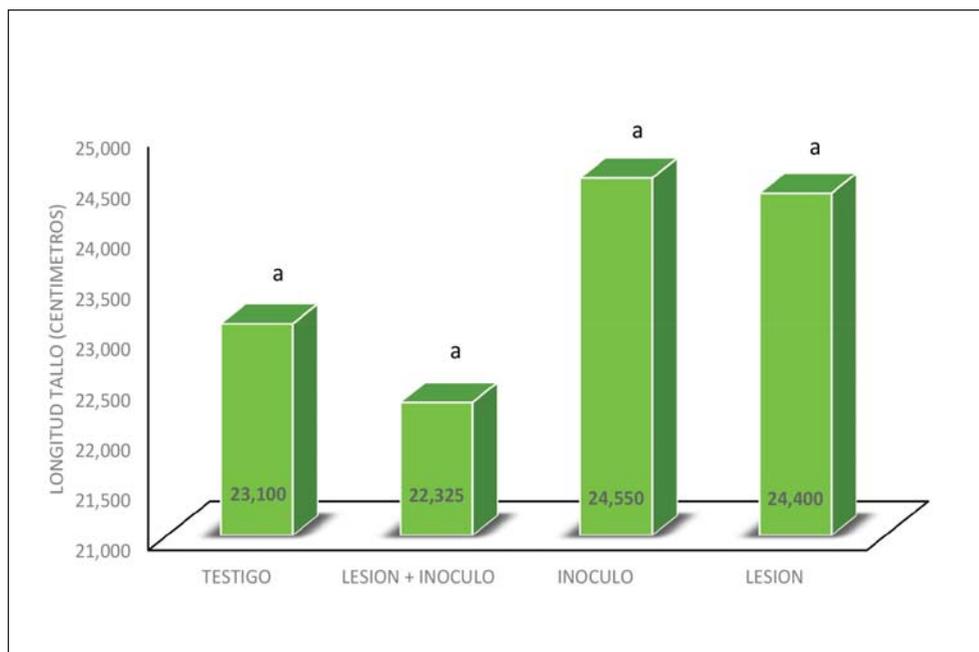
En el análisis realizado para la variable longitud de tallo en la plántula de tomatillo, se formó solo un grupo estadístico. Aun cuando numéricamente se observa un contraste, el tratamiento inóculo, con 24.550 cm, fue el más sobresaliente según se observa en el Cuadro 16.

Tratamiento	Longitud (cm)	Clasificación estadística
C. INÓCULO	24.550	a
D. LESIÓN	24.400	a
A. TESTIGO	23.100	a
B. LESIÓN + INÓCULO	22.325	a

Tratamientos definidos con la misma letra, son estadísticamente iguales.  
Duncan  $\alpha = 0.05$

*Cuadro 16. Longitud de tallo obtenida mediante la inoculación de Fusarium oxysporum, en el cultivo de tomatillo.*

En la Gráfica 16, se puede apreciar que el tratamiento con la Lesión + Inóculo, con un valor de 22.325 cm, fue el que menos demostró desarrolló; en cambio, el tratamiento inóculo, con un valor de 24.550 cm, resultó el de mayor longitud de tallo, seguido por los tratamientos Lesión (24.400 cm) e Testigo (23.100 cm), donde ambos promovieron un moderado crecimiento de tallo, en la plántula de tomatillo.



Gráfica 16. Longitud de tallo obtenido mediante la inoculación de *Fusarium oxysporum*, en el cultivo de tomatillo.

### 6.17. Peso de raíz obtenida mediante la inoculación de *Fusarium oxysporum*, en el cultivo de apio

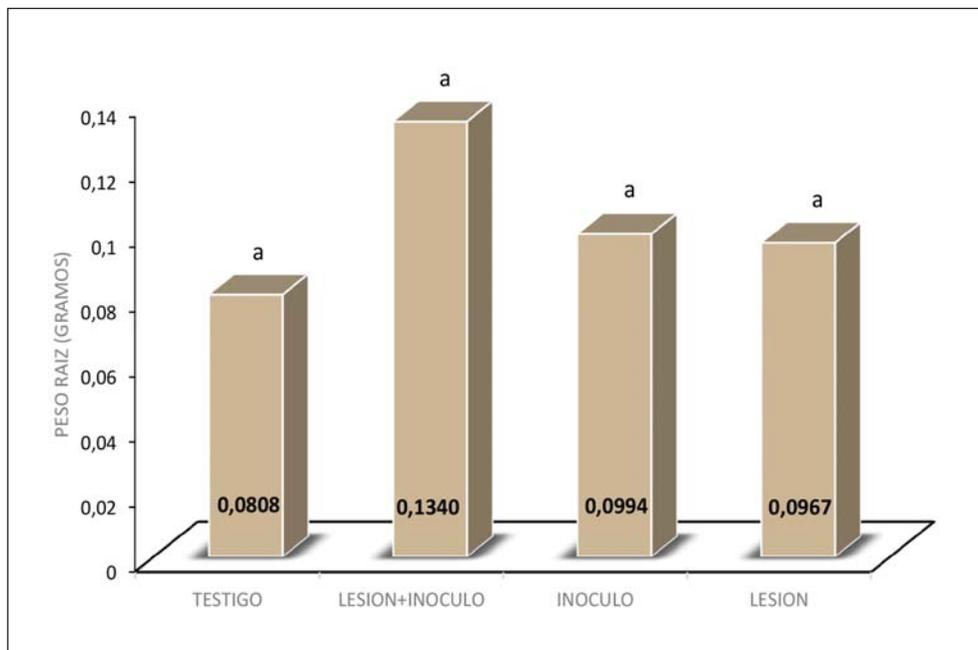
En el análisis realizado para la variable peso de raíz en la plántula de apio, nuevamente se formó un solo grupo estadístico, todos catalogados como “a” aun cuando numéricamente se observa un contraste, según lo esperado en el experimento, tal y como se observa en el Cuadro 17.

En la Gráfica 17, se puede apreciar que los resultados indican que el testigo, con un valor de 0.0808 g, fue el que menos demostró desarrolló; en cambio, el tratamiento de la Lesión + Inóculo, con un valor de 0.1340 g, resultó el que mayor peso obtuvo, seguido por los tratamientos Inóculo (0.0994 g) y Lesión (0.0808 g), donde ambos promovieron un moderado peso en la raíz, en la plántula del apio.

Tratamiento	Literal	Clasificación estadística
B. LESIÓN + INÓCULO	0.1340	a
C. INÓCULO	0.0994	a
D. LESIÓN	0.0968	a
A. TESTIGO	0.0808	a

Tratamientos definidos con la misma letra, son estadísticamente iguales.  
Duncan  $\alpha = 0.05$

*Cuadro 17. Peso de raíz obtenida mediante la inoculación de *Fusarium oxysporum*, en el cultivo de apio.*



*Gráfica 17. Peso de raíz obtenida mediante la inoculación de *Fusarium oxysporum*, en el cultivo de apio.*

### 6.18. Peso de tallo obtenido mediante el proceso de inoculación por *Fusarium oxysporum*, en el cultivo de apio

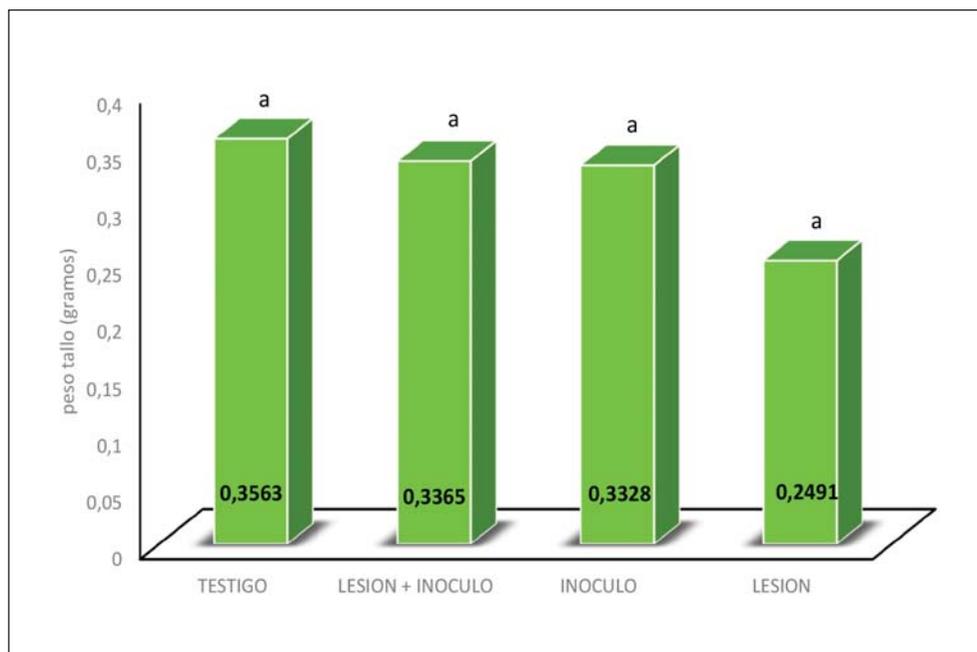
Para la variable peso tallo, es importante señalar que los tratamientos fueron estadísticamente similares; donde destaca el tratamiento con la Lesión con 0.2491 (a), expresando el menor peso del tallo obtenido (Cuadro 18).

Tratamiento	Peso (cm)	Clasificación estadística
A. TESTIGO	0.3563	a
B. LESIÓN + INÓCULO	0.3365	a
C. INÓCULO	0.3328	a
D. LESIÓN	0.2491	a

Tratamientos definidos con la misma letra, son estadísticamente iguales.  
Duncan  $\alpha = 0.05$

*Cuadro 18. Peso de tallo obtenido mediante la inoculación de *Fusarium oxysporum*, en el cultivo de apio.*

En la Gráfica 18, se observa que el tratamiento que permitió el mayor peso de tallo es el testigo, con 0.3563 g, comportamiento muy similar manifestado por el tratamiento Lesión + Inóculo con 0.3365 g y el Inóculo con 0.3328 g, donde se aprecia también que el tratamiento Lesión, con 0.2491 g, fue el más dañado.



Gráfica 18. Peso de tallo obtenido mediante la inoculación de *Fusarium oxysporum*, en el cultivo de apio.

### 6.19. Longitud de raíz obtenida mediante la inoculación de *Fusarium oxysporum*, en el cultivo de apio

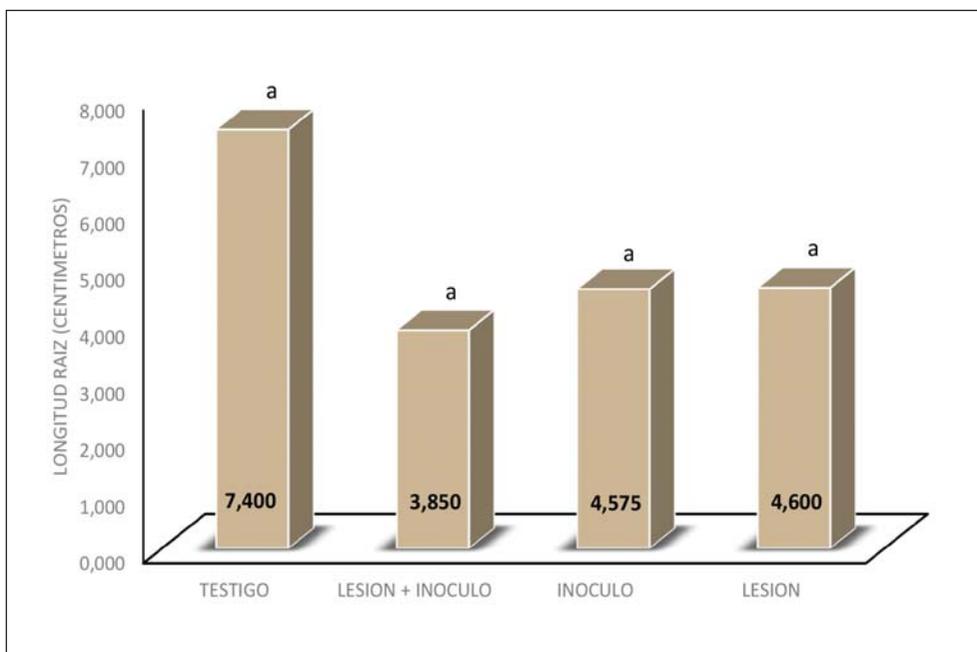
En la variable de longitud de raíz (Cuadro 19), se pudo observar que se define un solo grupo estadístico con la literal (a). No obstante, los valores obtenidos indican que los tratamientos Inóculo con un valor de 4.575 (a) y el tratamiento Lesión + Inóculo con 3.850 (a) fueron notoriamente los más afectados, debido al efecto del parasitismo que ocasiona el patógeno sobre un hospedero susceptible, en la base del tallo.

En la Gráfica 19, se aprecia en la longitud del de raíz, destaca la expresión de dos tratamientos: Testigo con 7.400 cm y el tratamiento con la Lesión con 4.600 cm, debido a la inexistencia del inóculo. En cambio, el resto de los tratamientos, en donde se aplicó el patógeno, demostraron ser los más afectados al someter la plántula al efecto del microorganismo nocivo, observando solo un peso de tallo de 4.575 cm para el tratamiento inóculo y el más dañado, que es el tratamiento Lesión + Inóculo, con 3.875 cm.

Tratamiento	Longitud (cm)	Clasificación estadística
A. TESTIGO	7.400	a
D. LESIÓN	4.600	a
C. INÓCULO	4.575	a
B. LESIÓN + INÓCULO	3.850	a

Tratamientos definidos con la misma letra, son estadísticamente iguales. Duncan  $\alpha = 0.05$

*Cuadro 19. Longitud de raíz obtenida mediante la inoculación de Fusarium oxysporum, en el cultivo de apio.*



*Gráfica 19. Longitud de raíz obtenida mediante la inoculación de Fusarium oxysporum, en el cultivo de apio.*

## 6.20. Longitud de tallo obtenido mediante la inoculación de *Fusarium oxysporum*, en el cultivo de apio

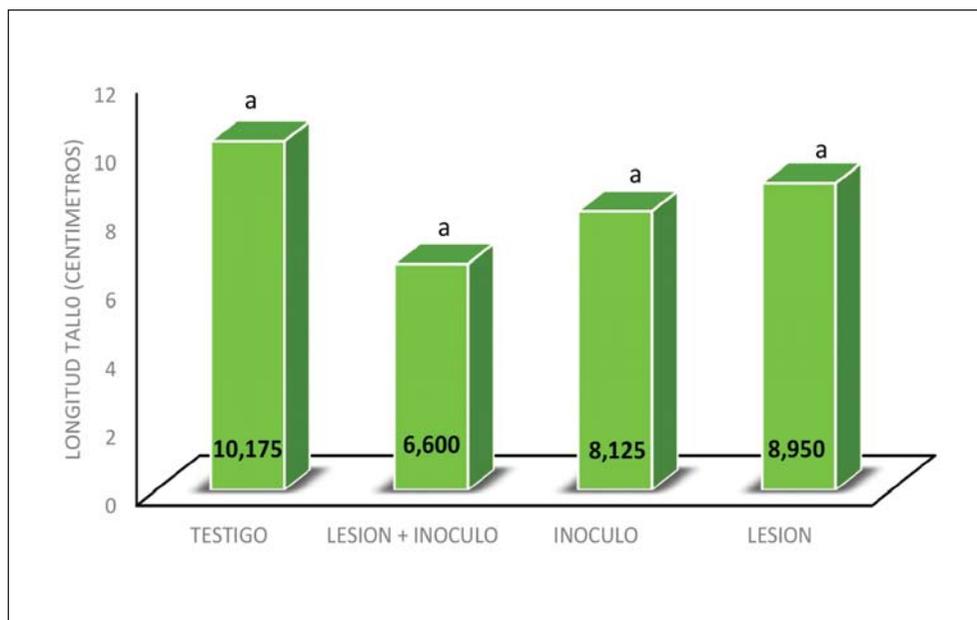
En relación de la variable longitud de tallo (Cuadro 20), se pudo observar que se define solo un grupo estadístico, marcando a los cuatro tratamientos con la literal “a”. No obstante, los valores obtenidos indican que los tratamientos Inóculo con un valor de 8.125, y Lesión + Inóculo con 6.600 fueron los más afectados, debido al efecto del parasitismo que ocasiona el patógeno sobre un hospedero susceptible.

Tratamiento	Longitud (cm)	Clasificación estadística
A. TESTIGO	10.175	a
D. LESIÓN	8.950	a
C. INÓCULO	8.125	a
B. LESIÓN + INÓCULO	6.600	a

Tratamientos definidos con la misma letra, son estadísticamente iguales.  
Duncan  $\alpha = 0.05$

*Cuadro 20. Longitud de tallo obtenido mediante la inoculación de Fusarium oxysporum, en el cultivo de apio.*

En la Gráfica 20, se aprecia que, en la variable longitud de tallo la expresión de dos tratamientos: Testigo con 10.175 cm y el tratamiento con la Lesión con 8.950, debido a la inexistencia del inóculo. En cambio, el resto de los tratamientos, en donde se aplicó el patógeno, demostraron ser los más afectados al someter la plántula al efecto del microorganismo nocivo, observando solo una longitud de tallo de 8.125 cm para el tratamiento Inóculo y el más dañado, donde se utilizó la Lesión + Inóculo, siendo el valor más bajo con 6.600 cm.



Gráfica 20. Longitud tallo obtenido mediante la inoculación de *Fusarium oxysporum*, en el cultivo de apio.

### 6. 21. Peso de raíz obtenida mediante el proceso de inoculación por *Fusarium oxysporum*, en el cultivo de cebollín

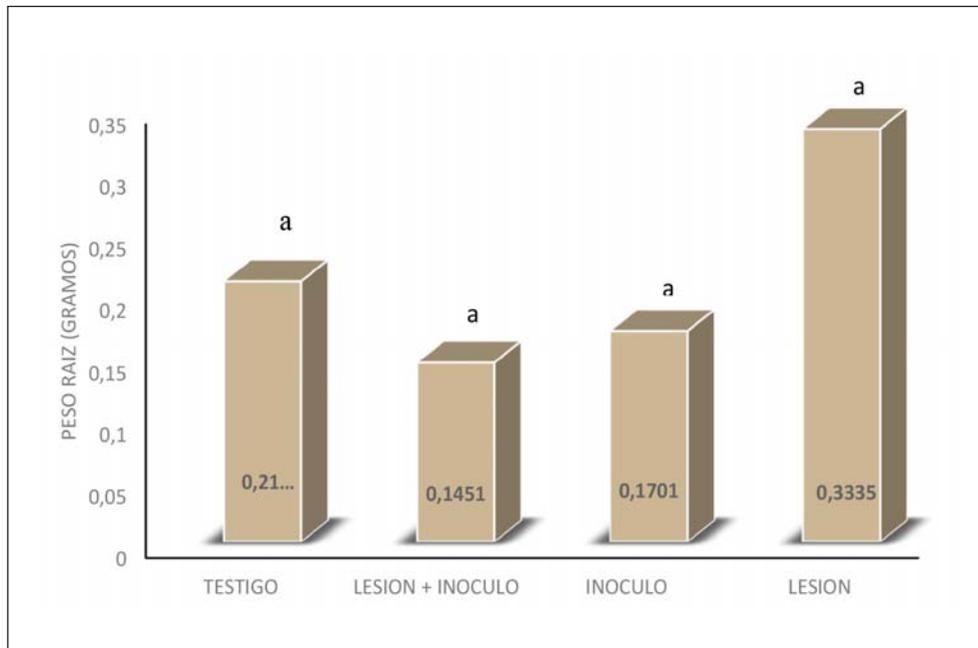
En relación con la variable peso de raíz, en la plántula de cebollín (Cuadro 21), se pudo observar que se define solo un grupo estadístico, marcando a los cuatro tratamientos con la literal “a”. No obstante, los valores obtenidos indican que los tratamientos donde se utilizó el Inóculo con un valor de 0.1701 y la Lesión + Inóculo con 0.1451, fueron notoriamente los más afectados, debido al efecto del parasitismo que ocasiona el microorganismo sobre un hospedero susceptible.

En la Gráfica 21, se aprecia que, en peso de raíz, sobresale la expresión de dos tratamientos: Lesión con 0.3335 g y el tratamiento Testigo con 0.2103 g, debido a la inexistencia del inóculo. En cambio, el resto de los tratamientos, en donde se empleó el patógeno, demostraron ser los más afectados al someter la plántula al efecto del fitopatógeno, observando solo un peso de raíz de 0.1701 g por el efecto del tratamiento con el inóculo y el más dañado, donde se utilizó el Testigo + Inóculo, con 0.1451 g.

Tratamiento	Peso (g)	Clasificación estadística
D. LESIÓN	0.3335	a
A. TESTIGO	0.2103	a
C. INÓCULO	0.1701	a
B. LESIÓN + INÓCULO	0.1451	a

Tratamientos definidos con la misma letra, son estadísticamente iguales.  
Duncan  $\alpha = 0.05$

*Cuadro 21. Peso de raíz obtenida mediante la inoculación de *Fusarium oxysporum*, en el cultivo de cebollín.*



*Gráfica 21. Peso de raíz obtenida mediante la inoculación de *Fusarium oxysporum*, en el cultivo de cebollín.*

## 6. 22. Peso de tallo obtenido mediante el proceso de inoculación por *Fusarium oxysporum*, en el cultivo de cebollín

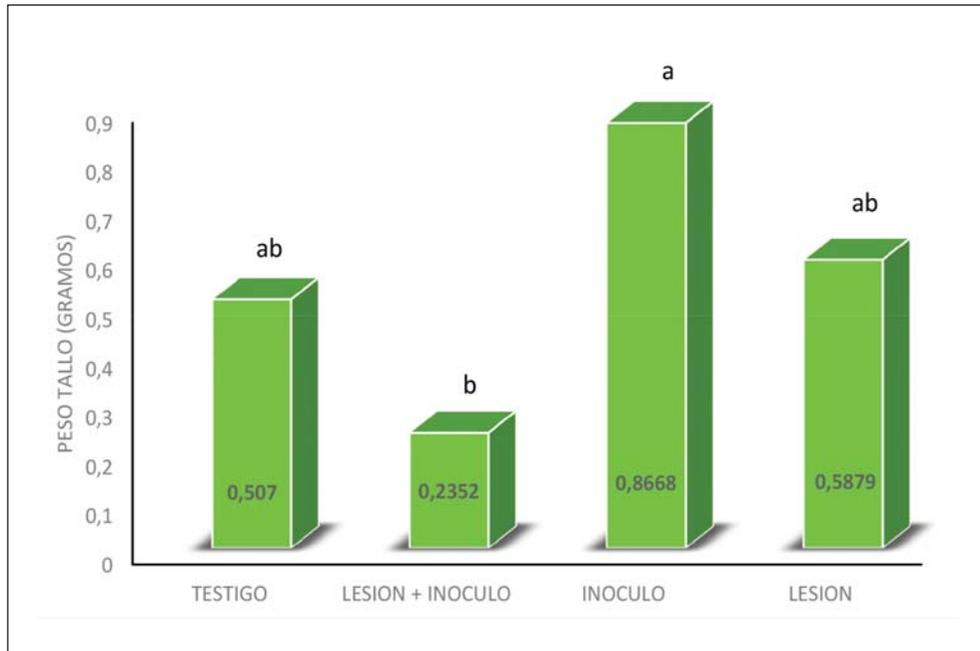
Para esta variable, se pudo observar que el comportamiento de los tratamientos fue diferente, al definirse tres grupos estadísticos. Es importante indicar que los tratamientos con el Testigo y Lesión + Inóculo, observaron un mayor afecto en la plántula, al inducirse valores muy bajos, con 0.5070 (ab) y 0.2352 (b) respectivamente (Cuadro 22).

Tratamiento	Peso (g)	Clasificación estadística
C. INÓCULO	0.8668	a
D. LESIÓN	0.5879	ab
A. TESTIGO	0.5070	ab
B. LESIÓN + INÓCULO	0.2352	b

Tratamientos definidos con la misma letra, son estadísticamente iguales.  
Duncan  $\alpha = 0.05$

*Cuadro 22. Peso de tallo obtenido mediante la inoculación de *Fusarium oxysporum*, en el cultivo de cebollín.*

En la Gráfica 22, se aprecia que en la variable peso de tallo, resalta la expresión de dos tratamientos: Inóculo con 0.8668 g y el tratamiento donde se realizó la lesión con 0.5879 g, valores asociados a la carencia del inóculo. Los tratamientos restantes, resultaron ser los más afectados al someter la plántula al efecto del patógeno, observando solo un peso de tallo de 0.5070 g para el tratamiento Testigo y el más afectado. (B), con 0.2352 g.



Gráfica 22. Peso de tallo obtenido mediante la inoculación de *Fusarium oxysporum*, en el cultivo de cebollín.

### 6.23. Longitud de raíz obtenida mediante la inoculación de *Fusarium oxysporum*, en el cultivo de cebollín

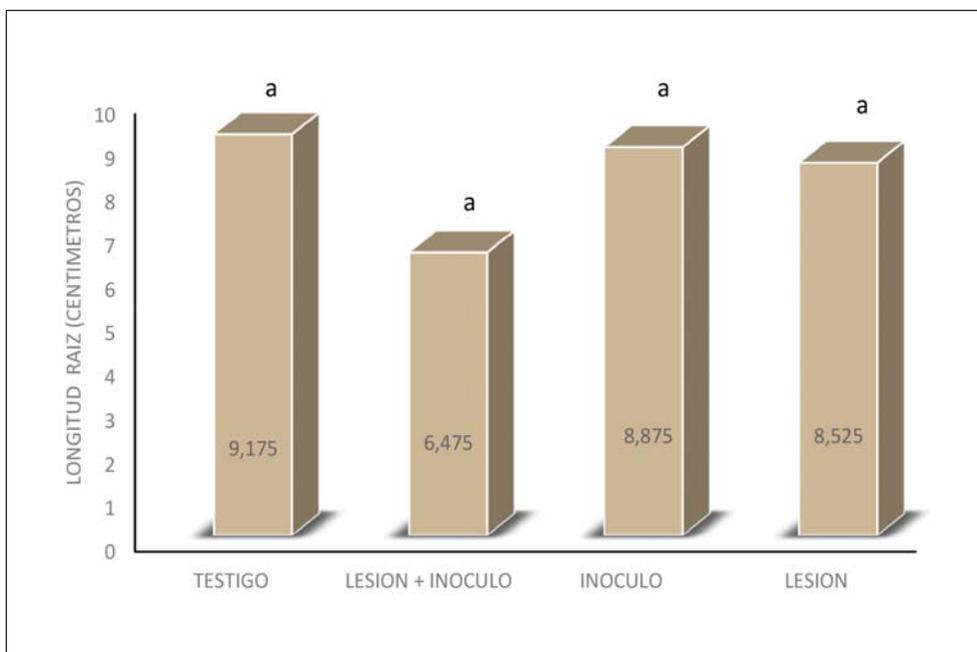
Para la variable longitud de raíz, es importante señalar que los tratamientos fueron estadísticamente similares; donde destaca el tratamiento con la Lesión + Inóculo con 6.475 (a), expresando la menor longitud del órgano afectado (Cuadro 23).

En la Gráfica 23, se observa que el testigo permitió la mayor longitud de raíz, con 9.175 cm; comportamiento muy similar manifestado por el tratamiento con Inóculo (8.875 cm) y la Lesión con 8.525 cm, donde se aprecia también que el tratamiento Lesión + Inóculo, con 6.475 cm, fue el más dañado.

Tratamiento	Longitud (cm)	Clasificación estadística
A. TESTIGO	9.175	a
C. INÓCULO	8.875	a
D. LESIÓN	8.525	a
B. LESIÓN + INÓCULO	6.475	a

Tratamientos definidos con la misma letra, son estadísticamente iguales. Duncan  $\alpha = 0.05$

*Cuadro 23. Longitud de raíz obtenida mediante la inoculación de Fusarium oxysporum, en el cultivo de cebollín.*



*Gráfica 23. Longitud de raíz obtenida mediante la inoculación de Fusarium oxysporum, en el cultivo de cebollín.*

### 6.24. Longitud de tallo obtenido mediante la inoculación de *Fusarium oxysporum*, en el cultivo de cebollín

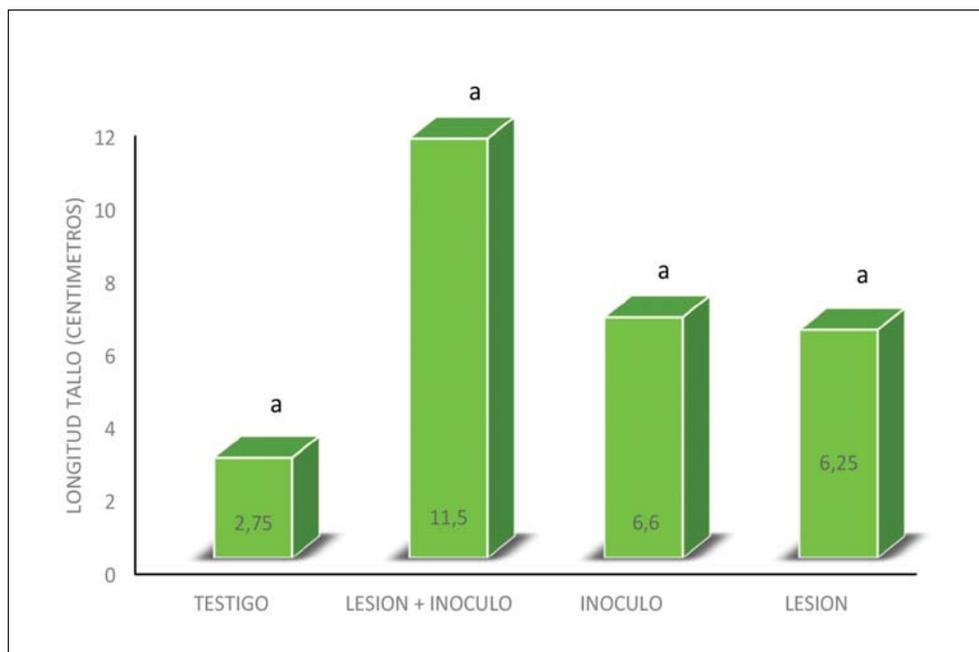
En el análisis realizado para la variable longitud de tallo en la plántula de cebollín, nuevamente se formó un solo grupo estadístico, todos catalogados como “a” aun cuando numéricamente se observa un contraste, según lo esperado en el experimento, tal y como se observa en el Cuadro 24.

Tratamiento	Longitud (cm)	Clasificación estadística
B. LESIÓN + INÓCULO	11.500	a
C. INÓCULO	6.600	a
D. LESIÓN	6.250	a
A. TESTIGO	2.750	a

Tratamientos definidos con la misma letra, son estadísticamente iguales.  
Duncan  $\alpha = 0.05$

*Cuadro 24. Longitud de tallo obtenido mediante la inoculación de Fusarium oxysporum, en el cultivo de cebollín.*

En la Gráfica 24, se puede apreciar que los resultados indican que el testigo, con un valor de 2.750 cm, fue el que menos demostró desarrolló; en cambio, el tratamiento de la Lesión + Inóculo, con un valor de 11.500 cm, resultó el de mayor longitud de tallo, seguido por los tratamientos Inóculo (6.600 cm) y Lesión (6.250 cm), donde ambos promovieron un moderado crecimiento de tallo, en la plántula de cebollín.



Gráfica 24. Longitud de tallo obtenido mediante la inoculación de *Fusarium oxysporum*, en el cultivo de cebollín.

### 6.25. Peso de raíz obtenida mediante el proceso de inoculación por *Fusarium oxysporum*, en el cultivo de maíz

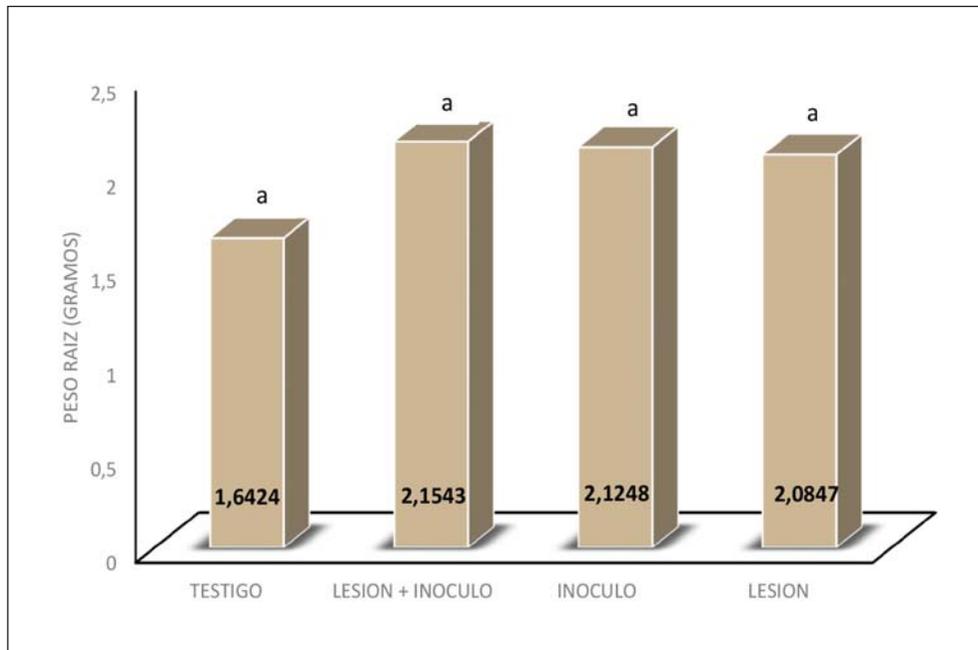
En el análisis realizado para la variable peso raíz en la plántula de maíz, se formó un solo grupo estadístico, todos clasificados como “a” aunque numéricamente se observan valores similares, fluctuando entre 1.6424 y 2.1543 (Cuadro 25).

En la Gráfica 25, se puede apreciar que los resultados indican que no se obtuvieron resultados contrastantes, en donde el Testigo, con un valor de 1.6424 g, fue el que menos peso de raíz obtuvo; en cambio, el tratamiento de la Lesión + Inóculo, con un valor de 2.1543 g, resultó el de mayor peso de raíz, seguido por los tratamientos Inóculo (2.1248 g) y Lesión (2.0847 g), donde ambos tuvieron un peso similar.

Tratamiento	Peso (g)	Clasificación estadística
B. LESIÓN + INÓCULO	2.1543	a
C. INÓCULO	2.1248	a
D. LESIÓN	2.0847	a
A. TESTIGO	1.6424	a

Tratamientos definidos con la misma letra, son estadísticamente iguales.  
Duncan  $\alpha = 0.05$

*Cuadro 25. Peso de raíz obtenida mediante la inoculación de *Fusarium oxysporum*, en el cultivo de maíz.*



*Gráfica 25. Peso de raíz obtenida mediante la inoculación de *Fusarium oxysporum*, en el cultivo de maíz.*

### 6.26. Peso de tallo obtenido mediante el proceso de inoculación por *Fusarium oxysporum*, en el cultivo de maíz

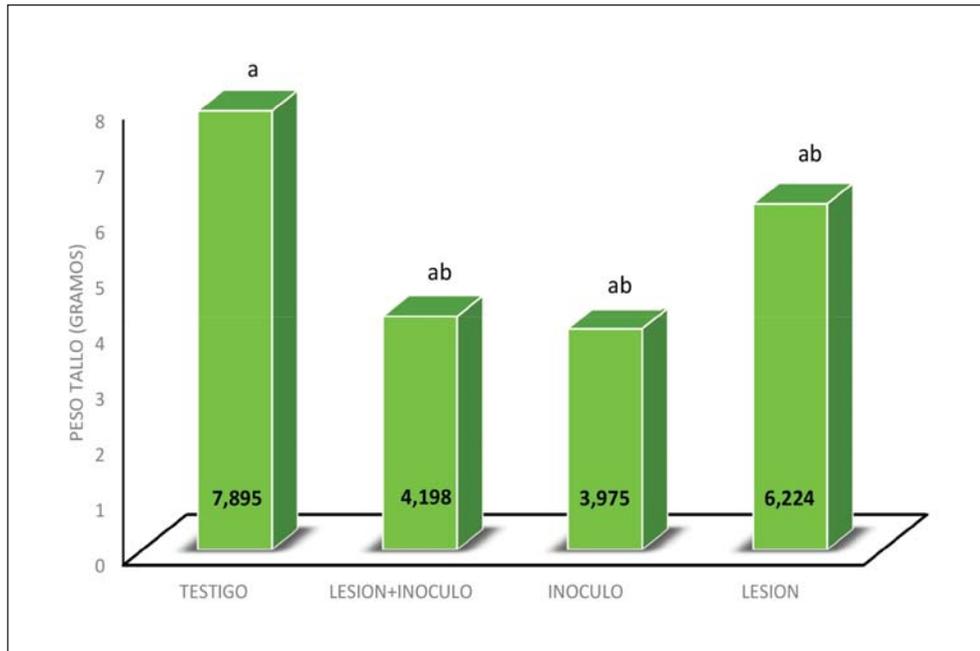
En la variable peso de tallo (Cuadro 26), se pudo observar que se definen dos grupos estadísticos, No obstante, los valores obtenidos indican que los tratamientos Lesión + Inóculo con un valor de 4.198 (ab) y el Inóculo con 3.975 (ab) fueron notoriamente los más afectados, debido al efecto del parasitismo que ocasiona el patógeno sobre un hospedero susceptible, en la base del tallo.

Tratamiento	Peso (g)	Clasificación estadística
A. TESTIGO	7.895	a
D. LESIÓN	6.224	ab
B. LESIÓN + INÓCULO	4.198	ab
C. INÓCULO	3.975	ab

Tratamientos definidos con la misma letra, son estadísticamente iguales.  
Duncan  $\alpha = 0.05$

*Cuadro 26. Peso de tallo obtenido mediante la inoculación de Fusarium oxysporum, en el cultivo de maíz.*

En la Gráfica 26, se aprecia que, en peso de tallo, destaca la expresión de dos tratamientos: Testigo con 7.895 g y el tratamiento con la Lesión con 6.224 g, debido a la inexistencia del inóculo. En cambio, el resto de los tratamientos, en donde se aplicó el patógeno, demostraron ser los más afectados al someter la plántula al efecto del microorganismo nocivo, observando solo un peso de tallo de 4.198 g para el tratamiento Lesión + Inóculo y el más dañado, donde solo se utilizó el Inóculo, con 3.975 g.



Gráfica 26. Peso de tallo obtenido mediante la inoculación de *Fusarium oxysporum*, en el cultivo de maíz.

### 6.27. Longitud de raíz obtenida mediante la inoculación de *Fusarium oxysporum*, en el cultivo de maíz

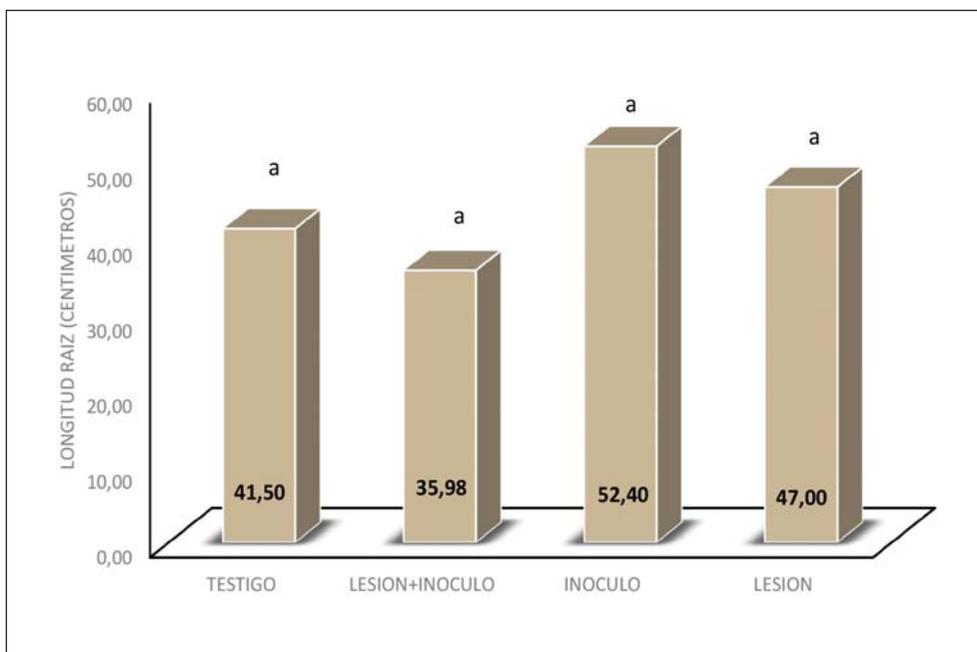
Para la variable longitud raíz es relevante resaltar que hay un solo grupo estadístico, donde los tratamientos con el Testigo y Lesión + Inóculo, fueron los que tuvieron un mayor afecto en la plántula, al inducirse valores muy bajos, con 41.50 y 35.98 respectivamente (Cuadro 27).

En la Gráfica 27, se aprecia que para la variable longitud de tallo, resalta la expresión de dos tratamientos: Inóculo con 52.40 cm y el tratamiento donde se realizó la Lesión con 47.00 cm, valores asociados a la falta del Inóculo. Los tratamientos restantes, resultaron ser los más afectados al someter la plántula al efecto del patógeno, observando solo un valor de 41.50 cm para el tratamiento testigo y el más afectado Lesión + Inóculo, con 35.98 cm.

Tratamiento	Longitud (cm)	Clasificación estadística
C. INÓCULO	52.40	a
D. LESIÓN	47.00	a
A. TESTIGO	41.00	a
B. LESIÓN + INÓCULO	35.98	a

Tratamientos definidos con la misma letra, son estadísticamente iguales. Duncan  $\alpha = 0.05$

*Cuadro 27. Longitud de raíz obtenida mediante la inoculación de Fusarium oxysporum, en el cultivo de maíz.*



*Gráfica 27. Longitud de raíz obtenida mediante la inoculación de Fusarium oxysporum, en el cultivo de maíz.*

### 6.28. Longitud de tallo obtenido mediante la inoculación de *Fusarium oxysporum*, en el cultivo de maíz

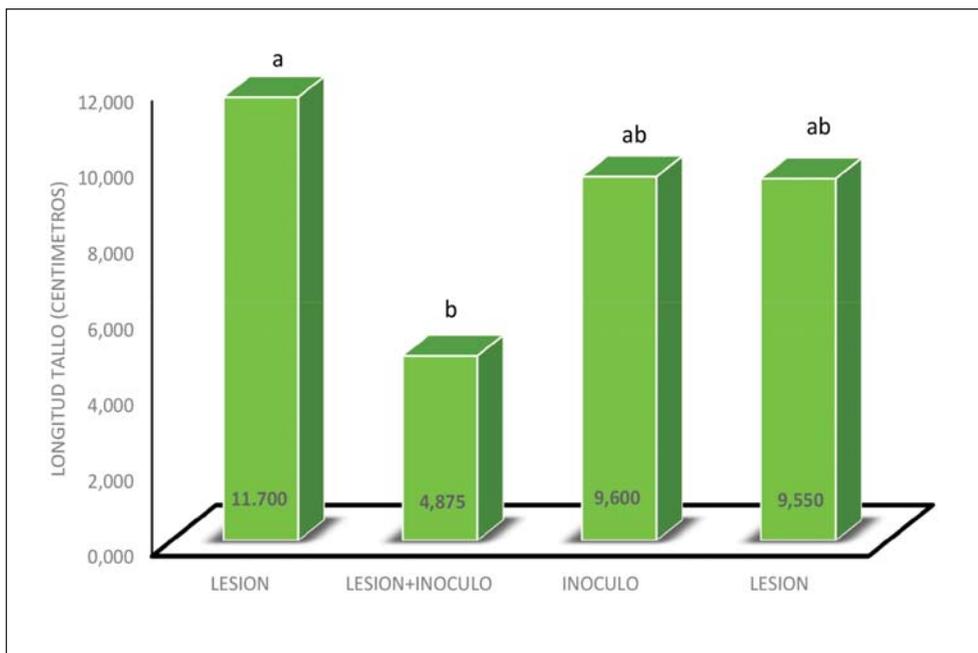
Para el análisis de longitud de tallo, es importante establecer que hay tres grupos estadísticos. En los tratamientos se puede observar que Lesión + Inóculo, fue el que más efecto dañino obtuvo, con un valor de 4.875 cm, en comparación al tratamiento Testigo con valor de 11.700 cm.

Tratamiento	Longitud (cm)	Clasificación estadística
A. TESTIGO	11.700	a
C. INÓCULO	9.600	ab
D. LESIÓN	9.550	ab
B. LESIÓN + INÓCULO	4.875	a

Tratamientos definidos con la misma letra, son estadísticamente iguales.  
Duncan  $\alpha = 0.05$

*Cuadro 28. Longitud de tallo obtenido mediante la inoculación de Fusarium oxysporum, en el cultivo de maíz.*

La Gráfica 28, indica que el tratamiento Lesión + Inóculo, con un valor de 4.875 cm, fue el que menos desarrollo presentó; en cambio, el Testigo, con un valor de 11.700 cm, fue en el que presentó una mayor longitud de tallo, seguido por los tratamientos con el Inóculo (9.600 cm) y la Lesión (9.550 cm), donde se apreció una conducta similar en relación a la longitud de tallo.



Gráfica 28. Longitud tallo obtenido mediante la inoculación de *Fusarium oxysporum*, en el cultivo de maíz.



## CONCLUSIONES

---

1. Se determinó que la metodología utilizada sirvió para probar el efecto de la inoculación sobre la reacción de las plantas susceptibles, sobre todo en el cultivo de frijol, miembro de la misma familia a la que pertenece el cultivo de la alfalfa, las Fabáceas, donde el cultivo expresó una alta susceptibilidad a través de ambas variables evaluadas.
2. El cultivo de girasol, como un cultivo de la familia asteráceas, no representa una opción como rotación de cultivos, debido al grado de susceptibilidad manifestada.
3. El cultivo de pakchoi miembro de la familia *cruciferae*, evidenció un comportamiento errático por lo que se pudo determinar principalmente que a través de la variable peso de tallo, se confirma su gran susceptibilidad al patógeno, siendo descartado como opción. en un programa de rotación de cultivos, a menos que se programe en un calendario de siembras oportunas.
4. El cultivo de tomatillo miembro de la familia hortícola de las solanáceas, demostró un comportamiento similar para las variables peso y longitud de raíz, donde se observó el efecto nocivo del fitopatógeno, por lo que se descarta en una rotación, en suelos con problemas de marchitez en alfalfa.

5. En el cultivo de apio, se apreció claramente un alto grado de susceptibilidad al microorganismo fitopatógeno, detectado principalmente a través de la respuesta hacia las variables longitud de raíz y tallo, al observarse los menores valores con la presencia del inóculo.
  
6. Los cultivos de cebollín y maíz, como especies agrícolas pertenecientes a la clase *Liliopsidae* (Monocotiledóneas), demostraron ser tolerantes al efecto del patógeno, por lo que si se consideran en una rotación como remediación de la enfermedad de la marchitez, deben establecerse considerando las fechas de siembra adecuadas.

## RECOMENDACIONES

---

Aunque se pudo comprobar que la técnica muestra una buena oportunidad de explorar la posibilidad de determinar cultivos agrícolas resistentes a la marchitez en alfalfa, se deben tener consideraciones sobre los aspectos siguientes: incluir más opciones dentro del padrón de cultivos en la región, considerando incluso la diversidad varietal y verificar la calidad y características asociadas al inóculo, una vez multiplicado.



## BIBLIOGRAFÍA

- Abawi, G. y Baker, K. (1984). Effects of cultivars soil temperature and population levels of *Meloidogyne incognita* on root necrosis and Fusarium wilt of tomato. *Phytopathology*, 74, 433-438.  
<https://doi.org/10.1094/Phyto-74-433>
- Agrios, J.N. (2010). *Fitopatología* (201-211). Editorial LIMUSA. México, D.F.  
<https://doi.org/10.3120/0024-9637-57.3.211>
- Alarcón, Z.B. y Espinoza E. (2008). *Enfermedades de la alfalfa. Unidad de evaluación y mejoramiento genético de forrajes templados campo agrícola experimental Chapingo* (45) México.
- Alvarado, M. y Zamora M.C. (1990). A study of the fungal disease of garlic in Zacatlan, Puebla, México. *Revista Chapingo (Mexico)*, 15(67-68), 10-12 (Extr. Abstracts on Tropical Agriculture 1991, 16(11).
- Arenas, F., Antonini, C. y Barrios, A. (2014). Alfalfa: reina de las forrajeras. *Revista «Los Andes»* (91-96). Cuyo, Argentina. Internacionales.
- Ceceña, D.C. (2001). Control integrado del carbón (*Urocystis cepulae*), en el cultivo del ajo *Allium sativum* L.), en el DDR 002. Ciclo 2000-2001. Publicado en la memoria del evento académico: *IV Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas*, efectuado los días 25 y 26 de octubre de 2001. pp. 151-153. Mexicali, B.C. México.

- Cortés, N.J., López, L.F. y Cinco, C.R.A. (1999). *Guía para cultivar alfalfa en los valles de Mexicali, B.C. y San Luis R.C. Sonora*. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. INIFAP. Campo Agrícola Experimental, Valle de Mexicali. P 3. México.
- Dongo S. y Muller, L. (1969). Estudio sobre la patogenicidad de *Fusarium oxysporum* f. *sp. phaseoli* en frijol. II. Pruebas varietales. Turrialba 19(19):82-90.
- Espinoza C.J.M. y Ramos G.J.L. (2000). *El cultivo de alfalfa y su tecnología de manejo*. Folleto para productores. INIFAP. México. P. 22.
- García, S.G. (1992). *Determinación de la Relación entre el grado de Mineralización del Manto Freático y la Salinidad del Suelo* (30-33). Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Baja California.
- García, L.B. (2008). *Familia de las Lilliacaeas* (10-11). España.
- Infoagro (2016). *El cultivo del crisantemo* (2). Infoagro. México.
- Mai, W. y Abawi, G. (1987). Interactions among root knot nematodes and *Fusarium* wilt fungi on host plant. *Annu. Rev. Phytopathology*, 25, 317-338.  
<https://doi.org/10.1146/annurev.py.25.090187.001533>
- Mace, M. y Bell, A. (1981). *Fungal wilt disease of plants* (640). New York. Academic Press.
- Mendoza, R.L. (1996). Aspectos fitoparasitarios en las hortalizas (199). En *7mo. Congreso de Horticultura*. Hermosillo, Sonora. México.
- Martínez, G. (2014). Pudrición basal en el cultivo del ajo (63). En *X Seminario Nacional de Fitopatología*. Trujillo. Resúmenes.
- Olutiola, P. (1978). Growth, sporulation and production of pectic and cellulolytic enzymes in *Fusarium oxysporum*. *Trans. Br. Mycol. Soc.*, 70(1), 109-114.  
[https://doi.org/10.1016/S0007-1536\(78\)80179-X](https://doi.org/10.1016/S0007-1536(78)80179-X)
- Pegg, G. (1985). Life in black hole - The microenvironment of the vascular pathogen. *Presidential Address. Trans. Br. Mycol. Soc.*, 85(1), 1-20.  
[https://doi.org/10.1016/S0007-1536\(85\)80151-0](https://doi.org/10.1016/S0007-1536(85)80151-0)

- Sherf, A.F. y MacNab, A.A. (1986). *Vegetable Diseases and Their Control* (2a ed.) (728). Stadnik M.J. y Rivera, M.C. (Eds.). John Wiley and Sons, NY.
- Steel, R.G.D. y Torrie, J.H. (1988). *Bioestadística, principios y procedimientos* (572). McGraw-Hill, Interamericano de México, S.A. de C.V.
- Yoo, S., Kobayashi, K. y Ogoshi, A. (1991). Occurrence of the basal root of garlic in Hokkaido (Japan). *Memoirs of the Faculty of Agriculture Hokkaido University (Japan)*, 17(4), 389-397.

En este estudio, se aplicaron una serie de técnicas de laboratorio con el objetivo de generar información sobre las especies de plantas que son cultivadas en el Valle de Mexicali, Baja California y constituyen una opción, para ser establecidos en suelos con problemas vasculares de enfermedades causadas por hongos fitopatógenos como *Fusarium oxysporum*. El experimento se estableció bajo condiciones de laboratorio en las instalaciones del Instituto de Ciencias Agrícolas, ubicado en el Ejido Nuevo León, Mexicali, B.C. Los resultados obtenidos indicaron cambios contrastantes relacionados con la respuesta de las plántulas analizadas hacia el daño vascular causado por la cepa patógena de *Fusarium oxysporum fsp. Medicaginis* en condiciones de laboratorio. Se concluye que esta metodología de laboratorio es muy importante, ya que se puede probar la susceptibilidad de las especies cultivables hacia un fitopatógeno determinado, en un tiempo relativamente rápido. Se recomienda tener cuidado sobre el grado de desarrollo del inóculo del patógeno utilizado, haciendo énfasis en el número de repeticiones implementadas.

Monographs

 OmniaScience

ISBN 978-84-120643-1-5

