

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN FITOPATOLOGÍA**



**“BIOESTIMULANTES Y BIOFUNGICIDAS EN EL CONTROL DE
LA MANCHA NECRÓTICA EN *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.
DISTRITO DE TARATA”**

**Presentada por:
LIDUVINA SULCA QUISPE**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE
MAGISTER SCIENTIAE EN FITOPATOLOGÍA**

Lima - Perú

2022

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN FITOPATOLOGÍA**

**“BIOESTIMULANTES Y BIOFUNGICIDAS EN EL CONTROL DE
LA MANCHA NECRÓTICA EN *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.
DISTRITO DE TARATA”**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE
MAGISTER SCIENTIAE**

**Presentada por:
LIDUVINA SULCA QUISPE**

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

M.S. Andrés Casas Díaz

PRESIDENTE

Dra. Leonor Mattos Calderón

ASESOR

Mg.Sc. Carlos Cadenas Giraldo

MIEMBRO

Ph.D. Walter Apaza Tapia

MIEMBRO

DEDICATORIA

A Dios por darme una madre y un hijo de grandioso valor humano. A mi madre Bertha por ser un ejemplo de honestidad, fortaleza y perseverancia a la que debo lo que soy; por sus consejos y sacrificios abnegados le estaré eternamente agradecida y a mi hijo Darwin por ser mi motivo de superación constante.

AGRADECIMIENTOS

A mi asesora de tesis Dra. Leonor Mattos Calderón por la confianza depositada en mí, apoyo y enseñanza durante todo el proceso de la investigación.

A mis profesores de la maestría en Fitopatología por sus enseñanzas.

A la memoria de mi padre Juan Pablo y hermano Dante; a mi madre Bertha y hermanos Norma, Américo, Vilma y Margott por su comprensión y motivación constante para la culminación del trabajo.

A mi esposo Pablo e hijo Darwin por su apoyo y comprensión durante el desarrollo del proyecto.

Al dueño del fundo en Tarata, Sr. Zanga por brindarme las facilidades para realizar este proyecto en su campo de cultivo del Tunal con la enfermedad.

A mis ex - alumnos por su apoyo en las jornadas de campo.

A la facultad de ciencias de la UNJBG por facilitarme los equipos necesarios del laboratorio de Micología para el examen microscópico en la identificación del patógeno y la esterilización del sustrato en autoclave.

A la escuela de Agronomía, UNJBG por brindarme las facilidades en el uso del invernadero para realizar la prueba de patogenicidad.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	
ABSTRACT	
I. INTRODUCCIÓN..	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. LA TUNA (<i>Opuntia ficus- indica</i>).....	3
2.2. TAXONOMÍA.....	4
2.3. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA.....	4
2.3.1. Tallo	4
2.3.2. Cladodios	4
2.3.3. Flores	5
2.4. VARIEDADES DE TUNA EN EL PERÚ.....	5
2.4.1. Variedad blanca	5
2.4.2. Variedad amarilla	5
2.4.3. Variedad morada	6
2.4.4. Variedad colorada	6
2.5. CONDICIONES AGROECOLÓGICAS.....	6
2.6. DESARROLLO FENOLÓGICO FLORAL Y DESARROLLO DE FRUTOS.....	7
2.7. HONGOS ENDÓFITOS	9
2.8. MANCHA NECRÓTICA DE LA TUNA.....	10

2.8.1. Cercosporiosis.....	11
2.8.2. Mancha plateada	11
2.8.3. La mancha negra	12
2.8.4. Mancha negra del cladodio <i>Phyllosticta concava</i>	12
2.8.5. Cancer gomoso de los cladodios.....	13
2.8.6. Lágrima de espelma en cladodios	13
2.8.7. Mancha necrótica por <i>Bisifusarium lunatum</i> en cladodios.....	14
2.8.8. Costra negra del nopal (<i>Opuntia ficus-indica</i>)	14
2.8.9. Mancha negra por <i>Didymella glomerata</i> (sinónimo <i>Phoma glomerata</i>) en kiwi y <i>Ficus</i> <i>elástica</i>	15
2.8.10. <i>Didymella microchlamydospora</i>	17
2.8.11. Taxonomía	18
2.9. PATOMETRÍA.....	19
2.9.1. Severidad.....	20
2.9.2. Incidencia.....	20
2.10. ÁREA BAJO LA CURVA DE PROGRESO DE LA ENFERMEDAD (ABCPE).....	20
2.11. CONTROL	20
2.12. BIOFUNGICIDAS	22
2.13. BIOESTIMULANTES	24
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	28
3.1. UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO	28
3.2. CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO DE CULTIVO DE TUNA EN ESTUDIO.....	28
3.3. FASE DE LABORATORIO E INVERNADERO	28
3.3.1. Material biológico.....	29

3.3.2. Aislamiento y purificación de los hongos asociados a la mancha necrótica.....	30
3.3.3. Prueba de patogenicidad de los hongos aislados.....	30
3.3.4. Caracterización morfológica e identificación.....	32
3.4. FASE DE CAMPO	32
3.4.1. Descripción de los productos comerciales.....	32
3.4.2. Dosis, frecuencia y etapa fenológica de aplicación.....	35
3.4.3. Diseño de la investigación.....	35
3.4.4. Características del campo experimental.....	35
3.4.5. Aplicación de los bioestimulantes y biofungicidas.....	35
3.4.6. Estimación del porcentaje de incidencia y porcentaje de control de la mancha necrótica.....	36
3.4.7. Medición de severidad de la mancha necrótica en cladodios de tuna.....	39
3.4.8. Datos meteorológicos.....	40
3.4.9. Estimación del Área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE).....	40
3.5. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS.....	41
IV. RESULTADOS	42
4.1. DESCRIPCIÓN DE SÍNTOMAS EN CAMPO.....	42
4.2. FASE DE LABORATORIO E INVERNADERO.....	43
4.2.1. Aislamiento y purificación de los hongos asociados a la mancha necrótica.....	43
4.2.2 Patogenicidad de los hongos aislados.....	44
4.2.3. Caracterización morfológica.....	45
4.2.4. Identificación morfológica de los aislamientos.....	52
4.3. FASE DE CAMPO	53
4.3.1. Datos meteorológicos.....	53

4.3.2. Estimación del porcentaje de incidencia de la mancha necrótica.....	53
4.3.3. Estimación del porcentaje de control de la mancha necrótica.....	58
4.3.4. Estimación del porcentaje de severidad de la mancha necrótica.....	59
4.3.5. Análisis del área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE)	61
V. DISCUSIÓN.....	66
VI. CONCLUSIONES.....	76
VII. RECOMENDACIONES	78
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	79
IX. ANEXOS.....	99

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Grado de maduración y calidad de frutos de tuna según las características de la cáscara, forma y dimensiones.....	9
Cuadro 2: Tratamientos empleados para el control de la mancha necrótica en tuna.	34
Cuadro 3: Dosis y frecuencia de aplicación de los productos comerciales con actividad bioestimulante y biofungicida ensayados.....	37
Cuadro 4: Escala para la evaluación de severidad de la mancha necrótica en cladodios de Tuna.....	39
Cuadro 5: Características morfológicas de los aislamientos con capacidad patogénica en cladodios de tuna	50
Cuadro 6: Identificación morfológica de los aislamientos con capacidad patogénica	52
Cuadro 7: Identificación morfológica de los aislamientos sin capacidad patogénica.....	52
Cuadro 8: Aislamientos no identificados	52
Cuadro 9: Comparación de las medias del porcentaje de incidencia de la enfermedad a lo largo de los días de evaluación como efecto del tratamiento fosfito de potasio y el testigo, mediante la prueba de Kruskal-Wallis, $\alpha = 0,05$, Tarata, 2017.	55
Cuadro 10: Comparación de las medias del porcentaje de control de la mancha necrótica de la tuna, variedad blanca, mediante la prueba de Tukey con $\alpha = 0,05$ como efecto de los tratamientos, Tarata, 2017.....	58
Cuadro 11: Porcentaje de Severidad de la mancha necrótica de la tuna, variedad blanca, evaluado semanalmente después de la primera aplicación de los productos por vía Drench, Tarata, 2017.....	62
Cuadro 12: Comparación de las medias del ABCPE mediante la prueba de Tukey, con $\alpha = 0,05$ como efecto de los tratamientos en el control de la mancha necrótica de la tuna, variedad blanca, Tarata, 2017.....	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Desarrollo y maduración del fruto de tuna. V, verde; IP, inicio de la pigmentación; VA, verde amarillado y AV, amarillo verde.	8
Figura 2: <i>Didymella glomerata</i> (UTHSC DI16-205). a) y b) colonia en OA (anverso y reverso), c) y d) colonia en MEA (anverso y reverso), e) picnidios en OA, f) picnidio, g) clamidosporas alternaroides, h) células conidiógenas, i) conidias.	16
Figura 3: <i>Phoma microchlamydospora</i> . a) y b) picnidio, c) y d) corte del picnidio, e) - i) clamidosporas, j) conidia.	18
Figura 4: Cladodios con mancha necrótica: Izquierda, cladodio joven; derecha, cladodio maduro.	29
Figura 5: Esquema de muestreo en cinco de oros.	29
Figura 6: Prueba de patogenicidad. a) Obtención de discos del cultivo fúngico, b) Fricción para generar heridas, c) Plantas cubiertas con bolsas de polietileno.	31
Figura 7: Distribución de tratamientos y bloques del campo experimental para el control de la mancha necrótica de la tuna, Tarata, 2017.	38
Figura 8: Escala diagramática para evaluar la severidad de la mancha necrótica en cladodios de Tuna (<i>Opuntia ficus – indica</i>).	40
Figura 9: Cultivo de tuna con síntoma de mancha necrótica, Tarata, Tacna.	42
Figura 10: Picnidios y desarrollo micelial sobre la lesión en los cladodios en cámara húmeda, observados al Estereoscopio. a), picnidios negros. b), desarrollo de micelio. c) y d), detalle de la formación de micelio blanco grisáceo de cada picnidio.	43
Figura 11: Aislamientos (A1-A12) obtenidos de lesiones de mancha necrótica de cladodios de tuna, Tarata, Tacna.	44
Figura 12: Síntomas observados en la prueba de patogenicidad. a) Control, b) lesión inicial de color verde de superficie convexa tornándose a negro gris de borde marrón (flecha) y luego aplanado de borde pajizo.	45

Figura 13: Características culturales del Aislamiento 3 (A3) en medio de cultivo Agar Avena (OA). a) superficie, b) reverso.	45
Figura 14: Características culturales del Aislamiento 5 (A5). a) superficie en Agar Avena, b) superficie en Agar Papa Dextrosa.	46
Figura 15: Características culturales del Aislamiento 4 (A4) en Agar Extracto Malta. a) superficie, b) reverso.	46
Figura 16: Características culturales del Aislamiento 2 (A2) en Agar Papa Dextrosa, superficie	46
Figura 17: Características microscópicas del Aislamiento 3 (A3). a y b), picnido marrón, globoso ampuloso, pared externa marrón oscuro, pseudoparenquimatoso y ostiolo conspicuo, c) picnidio obpiriforme marrón oscuro y conidias unicelulares hialinas, d y e) Dictioclamidospora.....	47
Figura 18: Características microscópicas del Aislamiento 5 (A5). a) (40X), micropicnidios marrón, globoso y clamidosporas ocre, unicelulares, globosas, en cadenas. b) (10X), picnidio agregado, globoso a alargado, negro, glabro.....	48
Figura 19: Característica microscópica del Aislamiento 4 (A4) (10X): a) hifa septada y macroconidias mayormente con 1 septa media, b) clamidosporas en cadenas y grupos irregulares.	48
Figura 20: Morfología microscópica del Aislamiento 2 (A2). a) (10X), picnidio agregado, negro, ostiolado. B) (40 x), conidia subovoide, marrón, 1 septa, longitudinalmente estriado..	49
Figura 21: Características culturales del aislamiento 1 (A1). a) en OA, colonia gris oscura, aterciopelada, plana, borde lobulado, b) reverso negro, c) en MEA, colonia verde grisácea, superficie plegada.	49
Figura 22: Morfología de Aislados no patogénicos (A6-A12). A6 a) colonia aterciopelada verde oliváceo, b) dictiospora obpiriforme marrón claro en cadenas y conidióforo recto simple. A7 a) colonia aterciopelada café, b) conidióforo simpodial y conidias obovóides marrón oscuro en cadenas. A8 a) colonia amarillo claro, algodonoso, b) reverso naranja con puntos pardos, c) macroconidia 3-5 septas, d) clamidosporas verrucosas en cadenas. A9 a) colonia algodonosa beige, b) macroconidia con 3 septas, c) clamidosporas en cadenas. A10) reverso colonia inmersa, sectorizada, verde oliva oscuro. A11 a) colonia algodonosa gris oscura, anillos concéntricos, b) hifa septada, gris, conidióforo corto (célula ampulliforme) y conidia esférica negro azabache, c) peritecio negro ostiolado, agregados. A12) colonia negra, con sectores beige cremosa, membranosa, inmersa.....	51
Figura 23: Curva de variación de temperatura (°C) y humedad relativa (%) durante el periodo de evaluación de Incidencia y Severidad entre el 24 de setiembre y 31 de diciembre de 2017, Tarata.	53

Figura 24: Porcentaje de Incidencia de la mancha necrótica de la tuna, variedad blanca, evaluado semanalmente después de la primera aplicación de los productos por vía drench, Tarata, 2017.....	56
Figura 25: Porcentaje de Incidencia de la mancha necrótica de la tuna, variedad blanca, evaluado semanalmente después de la primera aplicación de los productos por vía foliar, Tarata, 2017.....	57
Figura 26: Comparación de medias del porcentaje de control de la mancha necrótica de la tuna, variedad blanca, mediante la prueba de Tukey con $\alpha = 0,05$; como efecto de los tratamientos, Tarata, 2017.....	59
Figura 27: Porcentaje de Severidad de la mancha necrótica de la tuna, variedad blanca, evaluado semanalmente después de la primera aplicación de los productos por vía Drench, Tarata, 2017.....	63
Figura 28: Porcentaje de Severidad de la mancha necrótica de la tuna, variedad blanca, evaluado semanalmente después de la primera aplicación de los productos por vía Foliar, Tarata, 2017.....	64
Figura 29: Comparación de medias del ABCPE con $\alpha = 0,05$ como efecto de los tratamientos aplicados por vía foliar y drench en el control de la mancha necrótica de la tuna variedad blanca, Tarata, 2017.....	65

ÍNDICE DE ANEXO

Anexo 1: Análisis de variancia para el porcentaje de Incidencia, como efecto de los tratamientos en el control de la mancha necrótica del cultivo de Tuna, variedad blanca, con un nivel de significancia de 0,05, Tarata, 2017.....	99
Anexo 2: Análisis de variancia para el porcentaje de control de la mancha necrótica de la tuna, variedad blanca, como efecto de los tratamientos, con un nivel de significancia de 0,05, Tarata, 2017.....	99
Anexo 3: Análisis de variancia para el porcentaje de Severidad, como efecto de los tratamientos en el control de la mancha necrótica en cultivo de Tuna, variedad blanca, con un nivel de significancia de 0,05, Tarata, 2017.....	99
Anexo 4: Análisis de variancia para ABCPE transformado del efecto de los productos con actividad bioestimulante y biofungicida, para el control de la mancha necrótica en tuna, variedad blanca, con un nivel de significancia de 0,05, Tarata, 2017.....	100
Anexo 5: Ficha de registro de evaluación de la incidencia y severidad (%) de la mancha necrótica en tuna, variedad blanca, Tarata, 2017.	100
Anexo 6: Composición y preparación del Agar Opuntia según Ayala <i>et al.</i> (2006)	101
Anexo 7: Porcentaje de incidencia semanal como efecto de los tratamientos para el control de la mancha necrótica en tuna, variedad blanca, Tarata, 2017.	102
Anexo 8: Porcentaje de severidad semanal como efecto de los tratamientos para el control de la mancha necrótica en tuna, variedad blanca, Tarata, 2017.....	104
Anexo 9: Matriz de datos del porcentaje de incidencia (I) y severidad (P) de la mancha necrótica de tuna, variedad blanca, por vía de aplicación, tratamiento y día de evaluación	106
Anexo 10: Matriz de datos del ABCPE de la mancha necrótica en tuna, variedad blanca, por tratamiento y vía de aplicación.....	127

RESUMEN

En el Perú, se cultiva tuna para producción de cochinilla y fruta para el mercado interno. Sin embargo, su producción es afectada por la mancha necrótica. Los productos con actividad bioestimulante y biofungicida constituyen alternativa para el manejo sostenible de cultivos. El objetivo fue evaluar la eficacia del Quitosano, Fosfito de potasio, Lichthor, Azoxystrobin, *Bacillus subtilis* y *Trichoderma harzianum* aplicados vía drench y foliar, en el control de la mancha necrótica en tuna. La caracterización morfológica confirmada por prueba de patogenicidad permitió identificar a *Didymella glomerata*, *Didymella microchlamidospora*, *Bisifusarium lunatum* y *Lasiodiplodia theobromae*, asociados a la mancha necrótica en cladodios, siendo este el primer reporte de estos patógenos en el cultivo de tuna en Perú. En cada tratamiento, se evaluó incidencia y severidad cada 7 días, en 15 oportunidades después de la primera aplicación (DDA); siendo el fosfito de potasio el que mostró el valor más bajo de incidencia de 29,3 y severidad de 10,6 por ciento a los 105 DDA diferente al testigo, pero sin diferencia del azoxystrobin. También, el fosfito de potasio, quitosano, *T. harzianum* y *B. subtilis*, mostraron una mejor respuesta en la reducción de la incidencia al final de la evaluación, con valores de 68,3, 67,4, 65,2, y 64,0 por ciento respectivamente, sin diferencias entre ellos, pero diferentes del azoxystrobin. Tampoco hubo diferencias entre la vía de aplicación. Finalmente se evaluó el ABCPE acumulado siendo el fosfito de potasio y *T. harzianum* con valores bajos de 1140 y 1203 respectivamente, sin diferencias entre ellos, pero diferente al azoxystrobin (1559) y al testigo, que alcanzó 3590 en el avance de la enfermedad. En conclusión, estos resultados demuestran que el tratamiento con fosfito de potasio y *T. harzianum* aplicado por vía drench es una alternativa para el manejo sostenible del cultivo de tuna.

Palabras clave: *D. glomerata*, fosfito de potasio, *T. harzianum*, mancha necrótica, tuna

ABSTRACT

In Peru, prickly pear is grown for the production of mealybug and fruit for the domestic market. However, its production is affected by the necrotic spot. Products with biostimulant and biofungicidal activity constitute an alternative for the sustainable management of crops. The objective was to evaluate the efficacy of Chitosan, Potassium Phosphite, Liethor, Azoxystrobin, *Bacillus subtilis* and *Trichoderma harzianum* applied via drench and foliar, in the control of necrotic spot in prickly pear. The morphological characterization confirmed by pathogenicity test allowed the identification of *Didymella glomerata*, *Didymella microchlamidospora*, *Bisifusarium lunatum* and *Lasiodiplodia theobromae*, associated with the necrotic spot in cladodes, this being the first report of these pathogens in the cultivation of prickly pear in Peru. In each treatment, the incidence and severity were evaluated every 7 days, 15 times after the first application (ADD); potassium phosphite being the one that showed the lowest incidence value of 29.3 and severity of 10.6 percent at 105 ADD different from the control, but without difference from azoxystrobin. Also, potassium phosphite, chitosan, *T. harzianum* and *B. subtilis*, showed a better response in reducing the incidence at the end of the evaluation, with values of 68.3, 67.4, 65.2, and 64.0 percent respectively, with no differences between them, but different from azoxystrobin. There were also no differences between the route of application. Finally, the accumulated ABCPE was evaluated, being potassium phosphite and *T. harzianum* with low values of 1140 and 1203 respectively, without differences between them, but different from azoxystrobin (1559) and the control, which reached 3590 in the progression of the disease. In conclusion, these results show that the treatment with potassium phosphite and *T. harzianum* applied by the drench route is an alternative for the sustainable management of prickly pear cultivation.

Key words: *D. glomerata*, potassium phosphite, *T. harzianum*, necrotic spot, prickly pear

I. INTRODUCCIÓN

La tuna, *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill., conocido como nopal en México; es la especie cactácea de mayor importancia económica en el mundo, originaria de las zonas áridas y semiáridas de México. Se cultiva en todos los países tropicales y subtropicales, para obtener fruta, forraje y cochinilla y; solamente en México, existen más de 10 500 ha destinadas a la producción de cladodios tiernos (nopalitos) para consumo como verdura.

En el Perú, la tuna se encuentra ampliamente distribuida en los valles interandinos donde se desarrolla en abundancia en forma espontánea y, también bajo cultivo, principalmente en la costa. Ayacucho y Cuzco son las principales zonas productoras de nuestro país, seguido de Huarochirí, Huancavelica, Arequipa y Apurímac donde el 60 por ciento del cultivo es dedicado a la producción de cochinilla y el resto a la obtención de fruta para el mercado.

Una de las amenazas potenciales de la tuna, es la mancha necrótica plateada en los cladodios. A pesar de la importancia social y económica que este cultivo representa para los habitantes de zonas áridas debido a sus numerosas virtudes nutritivas, químicas, industriales, ecológicas, medicinales y simbólicas; la investigación científica sobre su patología es reducida. Investigaciones desarrolladas principalmente en México, Ecuador y Perú señalan a varios tipos de manchas con etiología diferente, de manera que se presenta una confusión de síntomas y agentes causales, lo cual dificulta su control.

Por otra parte, entre las alternativas al uso de fungicidas químicos para el control de enfermedades, que aseguren reducir el impacto ambiental negativo; figuran el empleo de agentes de control biológico como *Trichoderma harzianum* y *Bacillus subtilis* y de inductores de mecanismos de defensa en plantas como el Quitosano y el Fosfito de Potasio al producir un gran espectro de metabolitos biológicamente activos, responden

rápidamente al ataque de patógenos. Además, estos últimos tienen la capacidad de estimular el desarrollo vegetal.

Esta investigación se justifica por su relevancia económica y social ya que la aplicación de productos naturales y sales minerales con actividad bioestimulante y biofungicida reduce la incidencia y severidad de la enfermedad evitando cuantiosas pérdidas económicas al agricultor y, por ende, mayor producción y rendimiento del cultivo. Además, tiene relevancia teórica porque permite comprender la necesidad del control biológico y uso de sales minerales con actividad bioestimulante y fertilizante en el manejo integrado de la mancha necrótica de la tuna para el desarrollo sostenible del cultivo y; finalmente, posee utilidad metodológica y práctica porque facultará al SENASA implementar el manejo integrado permitiendo reducir el uso de fungicidas químicos a momentos y dosis definidas, para restablecer el equilibrio microbiológico del suelo y así favorecer el buen crecimiento y desarrollo del cultivo.

En tal sentido, debido a la ausencia de trabajos previos en el tema y por el uso potencial de la tuna en la agricultura y economía para los habitantes de las tierras áridas del mundo, se realizó el estudio de alcance explicativo, con el objetivo general de evaluar la eficacia de productos comerciales con actividad bioestimulante y biofungicida como el quitosano, fosfito de potasio, lichthor, azoxystrobin, *Bacillus subtilis* y *Trichoderma harzianum*, aplicados por vía drench y foliar, en el control de la mancha necrótica en cladodios de *Opuntia ficus-indica*, variedad blanca en Tarata, Tacna. Los objetivos específicos fueron: (a) Aislar e identificar el agente fúngico asociado a la mancha necrótica en cladodios de *Opuntia ficus-indica* variedad blanca, Tarata, Tacna, (b) Confirmar la patogenicidad de los hongos aislados de cladodios con mancha necrótica, (c) Estimar la reducción de la incidencia, la severidad y el ABCPE en los tratamientos quitosano, fosfito de potasio, lichthor, azoxystrobin, *Bacillus subtilis* y *Trichoderma harzianum* aplicados por vía drench y foliar para el control de la mancha necrótica en cladodios de *Opuntia ficus-indica* variedad blanca, Tarata, Tacna.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 LA TUNA (*Opuntia ficus-indica*)

Opuntia ficus-indica (L.) Mill. es una cactácea nativa de México (Bravo 1978) donde fue domesticada (Griffith 2004) e introducida en España y luego en otras regiones del mundo. Tiene especial adaptación para desarrollarse en zonas cálidas, áridas y semiáridas (Fernandez y Saiz s.f.). Se originó de *Opuntia megacantha* (Griffiths 1914) y es conocida con diferentes nombres en varios lugares del mundo: “tuna”, “nopal” (Kiesling y Metzger 2018), “chumbera”, “higuera de indias” y “prickly pear” en *inglés* (Fernandez y Saiz s.f.).

La tuna es la cactácea de mayor importancia económica a nivel mundial por sus frutos y cladodios, el cual es usado como forraje cuando son maduros (Reyes *et al.* 2005). Se cultiva en América, África, Asia, Europa y Oceanía para obtener fruto, forraje y cochinilla (Sáenz *et al.* 2006) y solo en México se producen cladodios tiernos en más de 10 500 ha que se consumen como verdura (Blanco *et al.* 2008, citado por Jiménez 2017). Además, la tuna es un recurso natural estratégico para las zonas áridas y semiáridas del mundo que se encuentran afectadas por el proceso de desertización (Pimienta 1992). También, sus frutos son importantes en la salud por su alto contenido de taurina, un aminoácido que influye en el desarrollo de la retina y en la síntesis de ácidos biliares (Celi y Alcívar 2018) además, contiene antioxidantes que disminuyen el daño oxidativo a lípidos y mejora el estado antioxidante en humanos saludables (Tesoriere *et al.* 2004).

Los principales países productores de tuna son: México seguido de Italia (Mora 2018). El rendimiento promedio de los tunales en Chile es aproximadamente 10 t ha⁻¹ (Lobos *et al.* 2017). En nuestro país las frutas son de baja calidad y el rendimiento es bajo, entre 5 000 y 12 000 kg ha⁻¹, a falta de tecnificación y de manejo adecuado (Proyectos peruanos 2020).

Actualmente, se siembra 13 179 ha de dicho cultivo, siendo las principales zonas productoras de tuna (fruta) Ayacucho, Cuzco, Lima (Huarochirí), Huancavelica, Arequipa y Apurímac (MINAGRI 2019), de los cuales el 60 por ciento están dedicados a la producción de cochinilla y el resto en la obtención de fruta para consumo doméstico (Ochoa y Barbera 2018).

2.2 TAXONOMÍA

Según Sáenz *et al.* (2006), el tunal tiene la siguiente clasificación:

Reino	:	Plantae
División	:	Magnoliophyta
Clase	:	Magnoliopsida
Orden	:	Caryophyllales
Familia	:	Cactaceae
Género	:	<i>Opuntia</i>
Especie	:	<i>Opuntia ficus-indica</i> (L.) Mill. 1768

2.3 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

Los tunales son plantas de arbustivas a arborescentes de 1,7 m de altura (Reyes *et al.* 2005) de condición cultivada, octaploide (8x), con número cromosómico (2n) de 88, cladodios de forma oblonga y tamaño muy grande (Mercado 2014).

2.3.1 Tallo

El tallo primario es cilíndrico, lignificado, bien definido de color castaño oscuro, verde o gris, de 45 cm de largo y 20 cm de diámetro (Reyes *et al.* 2005).

2.3.2 Cladodios

De color verde opaco, oblongos hasta largamente obovados de 30 a 40 cm de largo, 18 a 25 cm de ancho y 1,9 a 2,8 cm de espesor. Areolas pequeñas angostamente elípticas de 2 a 4,5 mm de largo y 3 mm de ancho; con 2 a 5 cm de separación entre sí. Espinas casi siempre ausentes, cuando existen son escasas y pequeñas; gloquidios numerosos, amarillos, caducos (Bravo 1978). Las areolas se presentan sobre ambas caras del cladodio y tienen la capacidad de desarrollar nuevos cladodios, flores y raíces aéreas según las condiciones ambientales (Sáenz *et al.* 2006).

2.3.3 Flores

Las flores pueden ser blanco, rojo o amarillo brillantes, grandes, normalmente de 7 a 10 cm de ancho (Britton y Rose 1919), y 6 a 7 cm de longitud (Amaya 2009), anthesis diurna, en número de hasta diez por cladodio; casi siempre en la parte apical del margen del cladodio. La longitud del pericarpelo es de 4,6 a 6,0 cm (Reyes *et al.* 2005).

2.3.4 Frutos

Los frutos son de forma oval (Bravo 1978), grandes de 5 a 10 cm de longitud y de 4 a 7 cm de diámetro, con numerosas areolas prominentes, sin espinas. El color de piel puede ser amarillo, verde amarillento, rojo amarillento, rojo o púrpura (Wiggins 1980, citado por Reyes *et al.* 2005), de ombligo deprimido (Britton y Rose 1919). El fruto para exportación debe pesar como mínimo 120 g (Amaya 2009).

2.4 VARIEDADES DE TUNA EN EL PERÚ

Las variedades de tuna se distinguen según la coloración del fruto (Amaya 2009):

2.4.1 Variedad blanca

Proviene de una planta con 1,5 - 2,5 m de altura, con flores de color amarillo claro y pencas de 20 - 25 cm de ancho. Es una planta susceptible a plagas y enfermedades (SIICEX s.f.). Su fruto es alargado, verde claro, jugoso, muy dulce, cristalino, de consistencia firme, con mayor contenido de fibra y pocas semillas. Su cáscara es dura, gruesa con espinas pequeñas (Castillo 2014). Se produce tanto en la costa como en la sierra. Es el fruto de mayor aceptación (Proyectos peruanos 2020).

2.4.2 Variedad amarilla

Proviene de plantas con tamaño de 2 a 3 m. Sus pencas tienen de 15 a 25 cm de ancho. Los cladodios y los frutos no tienen espinas. Son resistentes a plagas y enfermedades. Es la mejor variedad para la producción de cochinilla y la más extendida por su mayor capacidad de producción y su buena capacidad de adaptación a los métodos de cultivo intensivo (OCEX MILAN 2016). Su fruto es de pulpa amarilla-anaranjada, de buena consistencia, sabrosa con bastantes semillas, de cáscara gruesa y ligeramente más harinosa que la tuna blanca. Tienen muy buena acogida en el mercado (SIICEX s.f.).

2.4.3 Variedad morada

Proviene de una planta con una altura superior a los 3 m. Sus flores son de color violeta. Tiene buena calidad de fruto. Se produce principalmente en la sierra. Su fruto es grande, jugoso, dulce, delicado, harinoso. Su color va del rojo claro al rojo oscuro, pudiendo ser incluso púrpura. Tiene cáscara gruesa, con escasas y pequeñas espinas (SIICEX s.f.).

2.4.4 Variedad colorada

Es originaria de la sierra, de fruto grande y harinoso, tiene cáscara delgada y presenta problemas por su rápida maduración, siendo bastante delicada, no apropiada para el transporte, lo que impide su comercialización a gran escala por eso es de menor aceptación (Castillo 2014).

2.5 CONDICIONES AGROECOLÓGICAS

El tunal, prefiere climas templado-cálidos, con temperatura media anual de 16 a 28°C, humedad relativa entre 50 a 70 por ciento, vientos moderados y una precipitación pluvial media anual de 150 a 1 800 mm (Amaya 2009). La luminosidad de 3 500 horas por año facilita la acumulación de reservas en las pencas y azúcares en la fruta. Para una buena maduración de los frutos se requiere de una temperatura de 25 a 32°C y una mínima de 6°C. El intervalo óptimo para un consumo óptimo de CO₂ en *Opuntia ficus-indica* es de 25/15°C (día/noche), cuando la temperatura está fuera del intervalo hay un pobre crecimiento y producción; además, la producción del cultivo depende de la cantidad y calidad de agua de riego (Sáenz *et al.* 2006). Un huerto adulto de tuna requiere de 2 000 a 3 000 m³ de agua por ha (Lobos *et al.* 2017).

La absorción de CO₂ y el crecimiento de la planta están influenciados por los macronutrientes (nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre) y micronutrientes como el boro. Las cactáceas presentan el metabolismo ácido de las crasuláceas (CAM), que explica su supervivencia en zonas semiáridas y desérticas. No obstante, su alta resistencia a las condiciones de sequía, es necesario un suplemento hídrico para obtener fruta de calidad y en cantidad comercial. Normalmente se recomienda un mínimo de tres riegos en la temporada seca, sin embargo, se debe aumentar la cantidad de riegos, especialmente durante la formación y crecimiento de frutos (Sáenz *et al.* 2006).

2.6 DESARROLLO FENOLÓGICO FLORAL Y DESARROLLO DE FRUTOS

Es importante identificar la iniciación y finalización de la floración, la iniciación de la fase de fructificación y la duración del período de desarrollo del fruto para la toma de decisiones en el control de enfermedades. La fenología de las plantas está relacionada al clima (temperatura, radiación y humedad) y comprende a las etapas de desarrollo de la brotación de yemas, la antesis y la maduración de los frutos (Amaya 2009).

La brotación y floración (antesis) requieren temperatura media entre 15 a 16°C (Amaya 2009). Las yemas florales empiezan a emerger cuando la temperatura mensual promedio excede 16 °C en setiembre y octubre en el hemisferio sur (Nerd y Mizrahi 1995, citados por Inglese *et al.* 2018). Cada areola produce por lo general una flor, aunque no en una misma época de floración (Amaya 2009). Producen 20 o más yemas florales por cladodio. El 74 por ciento de las flores se desarrollan en cladodios de un año de edad (Reyes y Valiente 2006, citado por Prat *et al.* 2018) en la parte superior; y son hermafroditas, actinomorfas y de antesis diurna (Reyes *et al.* 2005). El desarrollo de la flor es asincrónico, es decir que hay presencia simultánea de yemas reproductivas, flores en antesis y frutos jóvenes (Pimienta y Engleman 2006, citado por Inglese *et al.* 2018).

En la mayor parte del mundo la planta florece una vez al año. En América del Sur, como en Brasil, la floración ocurre en octubre y noviembre y los frutos se desarrollan y maduran de diciembre a marzo (Manica 2002, citado por Segantini *et al.* 2009) y pueden ser cosechadas de enero a abril dependiendo del genotipo y de la interacción genotipo x ambiente (Bunch 1996, citado por Inglese *et al.* 2018).

El momento de la apertura floral (antesis) marca el inicio de la polinización de flores. Las flores se abren a los 35 a 40 días de su brotación (Amaya 2009). La diferenciación floral ocurre en un periodo corto de tiempo, entre 50 a 60 días después de que el meristemo comienza a activarse, a través de la antesis (Inglese *et al.* 2018). El tiempo que la fruta tarda en alcanzar su tamaño máximo, varía según las condiciones ambientales, siendo el mayor crecimiento en clima cálido que en clima frío. El comportamiento fenológico de las diferentes especies depende de los factores genéticos, edafoclimáticos y culturales (Segantini *et al.* 2009). Según Amaya (2009), en el Perú la madurez fisiológica de los frutos de tuna se obtiene 80 días después de la antesis (Figura 1), en Brasil 66 días después (Segantini *et al.* 2009) y en Italia e Israel entre 80 y 90 días, los que

corresponden a 120, 96 y 122 días después de la emisión del botón floral, respectivamente (Nerd y Mizrahi 1999, citados por Segantini *et al.* 2009).

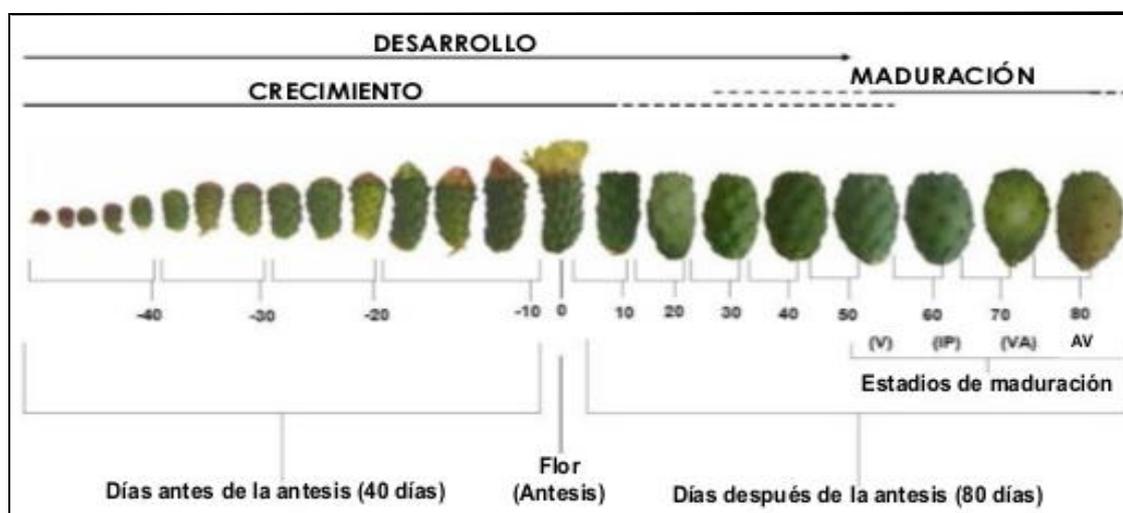


Figura 1: Desarrollo y maduración del fruto de tuna. V, verde; IP, inicio de la pigmentación; VA, verde amarillado y AV, amarillo verde.

Fuente: Amaya (2009)

El tamaño del fruto depende del número de óvulos fecundados y del número de semillas que abortan (Pimienta 1992). El diámetro ecuatorial es el que mejor representa el peso fresco y seco de la fruta. El fruto crece vigorosamente en términos de longitud, anchura, peso y volumen en los primeros 20 a 30 días después de la antesis. El peso del fruto es afectado por el orden de producción de las yemas florales y el número de frutos en el cladodio. Así, las yemas florales que emergen más temprano se transforman en los frutos más pesados. Además, los frutos más pesados son obtenidos de cladodios que presentan únicamente seis frutos (Reyes y valiente 2006, citado por Prat *et al.* 2018).

Los índices de cosecha son determinados por medios visuales, físicos, químicos y fisiológicos (Amaya 2009). También los parámetros para definir la mejor época de cosecha de la fruta pueden ser: tamaño y llenado del fruto, cambios en el color de la cáscara, firmeza del fruto, profundidad de receptáculo floral, contenido de sólidos solubles totales (SST) y caída de los gloquidios (Inglese 1999, citado por Sáenz *et al.* 2006).

Según Castagnino (s.f.) la calidad y el grado de maduración del fruto, se determinan por medio de características visuales como: forma, longitud, diámetro, color y apariencia de la cáscara (Cuadro 1). En los ambientes naturales, los factores que pueden limitar el crecimiento son: la disponibilidad de agua en el suelo, la temperatura, el flujo de fotones fotosintéticos (FFF) y el contenido de nutrimentos en el suelo (Nobel 1988, citado por Inglese *et al.* 2018).

La producción de fruta es variable, dependiendo del diseño de la huerta, prácticas culturales, condiciones ambientales y fertilidad del cultivar; así en Israel e Italia se obtiene regularmente rendimientos de 20-30 t ha⁻¹. Las plantas empiezan a producir a los 2-3 años después de establecidas y alcanzan el máximo potencial 6-8 años después de plantadas, permaneciendo productivas por 20-30 años, dependiendo de la poda y el manejo en general del huerto (Potgieter y D'Aquino 2018).

Cuadro 1: Grado de maduración y calidad de frutos de tuna según las características de la cáscara, forma y dimensiones.

Grado de Maduración	Color y Apariencia de la Cáscara	
	Tuna Verde Blanca	Tuna de color Naranja, Roja y Morada
Inmaduro	Verde y con tubérculos	Verde y con tubérculos
En sazón	Brillosa y Lisa Alrededor del Ombligo	Coloreada y lisa Alrededor del ombligo
Maduro	Brillo completo y lisa	Color completo y lisa
Sobre – Maduro	Brillo completo y arrugada	Color completo y arrugada

Forma de <fruto	Calidad	Longitud (cm)	Diámetro (cm)
Piriforme	Extra	Más de 10.0	Más de 6.0
	Primera	10.0 – 8.5	6.0 – 5.0
	Segunda	08.5 – 7.0	5.0 – 4.0
Cilíndrica	Extra	Más de 9.0	Más de 7.0
	Primera	9.0 – 7.5	7.0 – 6.0
	Segunda	7.5 – 6.0	5.0 – 4.0
Esférica	Extra	Más de 8.0	Más de 8.0
	Primera	8.0 – 6.5	8.0 – 6.5
	Segunda	6.5 – 5.0	6.5 – 5.0

Fuente: Castagnino (s.f.)

2.7 HONGOS ENDÓFITOS

Los endófitos son microbiomas que se alojan en el tejido interno de una planta y establecen diversas interacciones biológicas (Rodríguez *et al.* 2021). Estos habitan en las plantas sin causar síntomas aparentes de enfermedad. La estrecha relación que existe entre el endófito y su planta hospedera es de suma importancia, debido a que el hongo

tiene la capacidad de producir metabolitos bioactivos, así como modificar los mecanismos de defensa de su hospedera, permitiendo e incrementando la sobrevivencia de ambos organismos. En estas relaciones ambos organismos producen metabolitos secundarios potencialmente tóxicos (Sánchez *et al.* 2013).

El hongo endófito produce factores de virulencia tales como exoenzimas y metabolitos fitotóxicos; mientras que la planta produce defensas, tanto mecánicas como bioquímicas. En consecuencia, para que ambos organismos coexistan se establece entre ellos una relación de antagonismo equilibrado, que depende de la virulencia del hongo y de las defensas de la planta, las cuales varían y son influenciadas por los factores ambientales y por la etapa de desarrollo de ambos organismos. Cuando los factores de virulencia del hongo y las defensas de la planta están en equilibrio se establece una relación endofítica y, por el contrario, cuando se presenta la senescencia del hospedero o se encuentra bajo estrés, el balance se torna a favor del hongo y éste se expresa como patógeno, presentándose los síntomas de enfermedad (Rodríguez *et al.* 2009).

2.8 MANCHA NECRÓTICA DE LA TUNA

La tuna es afectada por problemas fitosanitarios variados y complejos. La mayoría de las enfermedades fúngicas en la tuna se ven favorecidas por la presencia de humedad en el cladodio y, sobre todo, por heridas causadas por insectos, roedores, aves, así como de daños mecánicos provocados por el mismo hombre en su manejo (Flores 2012). Según Zimmermann y Granata (2002), las enfermedades bióticas de la tuna están presentes en todas las zonas de cultivo y están influenciadas tanto por la presencia del patógeno como por las condiciones climáticas.

Aunque las enfermedades fúngicas también están influenciadas por las condiciones ambientales, algunas no se han reportado en ciertos países, probablemente porque el patógeno no está presente en esa región. Así, la mancha dorada causada por *Alternaria alternata* está presente y causa graves daños en México, Italia y Sudáfrica, pero no en otros países productores de tuna; *Cercospora* spp. prevalece en Perú y Bolivia; *Phoma sorghina* causa daños sólo en Argentina; y *Dothiorella ribis*, el agente causal de un cáncer gomoso de los cladodios de tuna, sólo se ha encontrado en la pequeña isla de Linosa, Italia (Zimmermann y Granata 2002).

También *Bisifusarium lunatum* fue reportada como agente causal de las manchas necróticas superficiales en cladodios en Sudáfrica (Gryzenhout *et al.* 2017) y asociado a mancha negra circular de los cladodios en Tlalnepantla, Morelos, México. *Curvularia lunata* fue reportada en Brasil y México causando manchas circulares de los cladodios (Flores 2012), *Phoma* sp. encontrada en Argentina y México causando manchas necróticas en cladodios, además de *Pleospora* sp. (Granata *et al.* 2018). Amaya (2009) y Villagómez (2000) mencionan a la cercosporiosis y la mancha plateada como las enfermedades fúngicas más comunes de la tuna en nuestro país.

La información sobre etiología y epidemiología de la mancha necrótica de la tuna es escasa y confusa, se detalla a continuación:

2.8.1 Cercosporiosis

Según Zimmermann y Granata (2002) la cercosporiosis es la enfermedad de la tuna más grave en Perú y Bolivia causada por *Cercospora* la cual induce lesiones necróticas circulares de 10–15 mm de diámetro en los cladodios y frutos; mientras que, Amaya (2009) señala que *Cercospora* forma colonias redondeadas y convexas de color gris de entre 5 a 20 mm de diámetro, a manera de costras, sobre la epidermis de los cladodios en plantaciones jóvenes; y Villagómez (2000) refiere que los ataques por *Cercospora* se caracterizan por puntos con anillos de diferente coloración en los bordes.

La cercosporiosis tiene una elevada incidencia del 100% en la localidad de Wari (Bañico 2015), 70 por ciento en Huanta y 60 por ciento en Huamanga de la región Ayacucho, que afecta la calidad y cantidad de fruta por reducción de la floración y del número de frutos que llegan a la madurez y, en consecuencia, ocasionan la disminución de la producción de fruta, y, por ende, pérdidas económicas considerables, constituyéndose en un serio problema para el establecimiento del cultivo a escala comercial (Barrantes 2014).

2.8.2 Mancha plateada

La mancha necrótica en cladodios frecuente en Sudamérica es conocida como mancha plateada en México y es causada por *Mycosphaerella* sp. (Granata *et al.* 2018) y *Phytophthora* sp. Su síntoma se manifiesta con un resquebrajamiento de la epidermis de los cladodios y manchas necróticas grandes (Amaya 2009, Monroy 2010). Sin embargo, Alvarado y Santín (2017) mencionan a *Alternaria* sp. y *Capnodium* sp. asociados a la

enfermedad denominada mancha plateada en condiciones ecológicas de la provincia de Loja, Ecuador en la que el síntoma empieza como pequeñas erupciones cloróticas con puntuación rojiza, con formación posterior de pseudoescudos de color café claro y luego estas manchas crecen y se rodean de un polvillo gris o pardo que coalescen formando una mancha de color pardo que cubre todo el cladodio.

2.8.3 La mancha negra

La mancha negra tiene distribución geográfica en Bolivia, México, Brasil y Perú (Granata *et al.* 2018). Es una enfermedad fúngica importante ampliamente diseminada en diferentes sistemas de producción de tuna en México. En Jalisco casi el cien por ciento de las plantaciones están afectadas por esta enfermedad (Ochoa *et al.* 2015). Es causada por *Pseudocercospora opuntiae* (Ayala *et al.* 2006).

a. Síntomas

Los síntomas se caracterizan por lesiones subcirculares a irregulares de 20 – 40 mm de diámetro, marrón grisáceo, marrón oscuro a negruzco (Ayala *et al.* 2006). Los primeros síntomas empiezan con una decoloración de la cutícula en forma de mancha circular transparente de aspecto aceitoso con un área central café que incrementa de tamaño y posteriormente aparece un color café claro en los márgenes de la mancha el cual cambia a un color café oscuro acompañado por un colapso del tejido. Los tejidos afectados se tornan negros, los conidióforos y conidios se observan en forma de protuberancias. Finalmente, la zona afectada se hunde hasta el otro lado del cladodio. Pueden aparecer diferentes síntomas simultáneamente en el cladodio (Ochoa *et al.* 2015).

b. Manejo de la enfermedad

El manejo de la enfermedad consiste en revisar y eliminar los cladodios que muestren los primeros síntomas de la enfermedad, adoptar poda preventiva y aplicar fungicidas de cobre antes del comienzo de la estación de lluvias (Granata *et al.* 2018).

2.8.4 Mancha del cladodio por *Phyllosticta concava*

La enfermedad está activa durante la temporada de lluvias y donde la humedad es alta. Los cladodios inferiores son las más afectadas A medida que cambian las condiciones las manchas caen y forman un callo dejando cicatrices en los cladodios. En condiciones

climáticas cálidas y secas los cladodios se recuperan hasta cierto grado (Green Fingers 2017). Las lesiones causadas por *Phyllosticta concava* son de forma circular de hasta 25 mm de diámetro, color café claro, hundido y cubierto por puntos negros diminutos, puede haber coalescencia de las manchas, después los tejidos afectados se contraen, las lesiones se tornan negras y se forman los picnidios (Hernandez 1993, Green Fingers 2017).

2.8.5 Cáncer gomoso de los cladodios

Su distribución geográfica abarca Brasil, Egipto, Italia, México, Sudáfrica, EUA (Granata *et al.* 2018). Tiene como agente causal a *Lasiodiplodia theobromae* (teleomorfo *Botryosphaeria rhodina*). Los síntomas se manifiestan en cladodios de *Opuntia ficus-indica* como canchales negros, redondeados, de 15-50 mm de diámetro y expulsan un exudado gomoso negro del margen de la lesión (Swart y Swart 2003). En Italia el agente causal de esta sintomatología se atribuyó a *Botriosphaeria ribis* (Granata *et al.* 2018).

a. Descripción morfológica

Los conidiomas picnidiales son uniloculares de 250-400 μm de diámetro, color café oscuro a negro, estromático, simple o agregado con ostiolo central, único y papilado (Picos *et al.* 2015), sumergidos en el hospedante y volviéndose erumpentes cuando maduran. Parafisis hialina, cilíndrica, septada, ocasionalmente ramificada, extremos redondeados. Conidios subovoides a elipsoide-ovoides, ápice ampliamente redondeado, ahusado a la base truncada, más ancho en el tercio medio a superior, paredes gruesas, contenido granular, inicialmente hialino y aseptado, permaneciendo hialino durante mucho tiempo, finalmente volviéndose marrón oscuro y unitabicado pero solo después de la descarga de los picnidios, con depósitos de melanina en la superficie interna de la pared dispuestos longitudinalmente dando un aspecto estriado a los conidios, (19-) 21-31 (-32.5) \times (12-) 13-15.5 (-18.5) μm (Alves *et al.* 2008).

2.8.6 Lágrima de espelma en cladodios

Esta enfermedad estuvo presente en todos los sectores de la provincia de Loja, Ecuador y es denominado también como lágrima de vela porque produce una secreción blanquesina que al gotear se solidifica. Es causada por *Fusarium* sp. La enfermedad tiene una incidencia de 37,4 por ciento en el sector pedregal, 34,7 por ciento en el sector San Vicente del Río en plantaciones mayores a 5 años y una severidad del 40 por ciento en

ambos sectores. Los síntomas han comenzado con una mancha de forma circular, de 10 mm de diámetro, color café oscuro con borde acuoso y luego han producido una depresión de la mancha e incremento del tamaño hasta de 25-50 mm (Alvarado y Santín 2017).

2.8.7 Mancha necrótica por *Bisifusarium lunatum* en cladodios

Esta enfermedad grave que afecta a los cladodios de *Opuntia ficus-indica* en la finca Waterkloof (29 ° 10'54.19 " S 25 ° 58'39.36 " E) en Sudáfrica fue detectada en octubre de 2015. En los cultivares de Fusicaulis y Fresno los síntomas consistieron en hinchazones caracterizada por una pudrición severa e inodora del tejido en el interior. Este tipo de síntoma fue mejorando y no causó la muerte de la planta. En otros cultivares se observaron manchas necróticas superficiales en la superficie de los cladodios que en la prueba de patogenicidad produjeron lesiones de 10 mm de longitud con exudados y los cortes transversales de la lesión revelaron necrosis que se extendía hacia el interior del cladodio. Mediante análisis morfológico y pruebas de patogenicidad y moleculares se identificó al agente causal como *Bisifusarium lunatum*. siendo el primer reporte en Sudáfrica (Gryzenhout *et al.* 2017).

Del mismo modo Flores (2012) en el estudio titulado identificación de hongos asociados a la mancha negra del nopal (*Opuntia ficus-indica*) y su sensibilidad al quitosano, en cladodios de nopal verdura afectados por mancha circular en el municipio de Tlalnepantla, Morelos, México y mediante análisis morfológico, prueba de patogenicidad y molecular identificó a *Bisifusarium lunatum* como uno de los agentes asociados a la enfermedad. Según Wolf 1912, citado por Schroers *et al.* (2009), esta especie fue considerada como la fase anamorfa de *Mycosphaerella opuntiae*.

2.8.8 Costra negra del nopal (*Opuntia ficus-indica*)

Laureano *et al.* (2021) en la investigación reciente publicada como publicación anticipada en línea, titulada “Etiología de la costra negra del nopal (*Opuntia ficus-indica*) en México” reportan a *Cladosporium cladosporioides*, *Aplosporella hesperidica* y *Didymella glomerata* como hongos asociados a la enfermedad. El estudio se realizó en la localidad de Santa Cecilia Clavijero, en el Municipio de San Juan Ixcaquixtla, Puebla. En campo, los síntomas se caracterizaron por manchas de 1-4 cm de diámetro, inicialmente

de color café claro, tornándose con el tiempo a café oscuro y luego negro, de consistencia húmeda y delimitada por tejido muerto de color claro. Cuando las manchas coalescieron, se desarrollaron áreas de gran tamaño que abarcaron, en algunos casos, hasta el 70 por ciento de la superficie de la cara de un cladodio. Las lesiones únicamente afectaron a la cutícula y epidermis sin afectar a los tejidos internos (colénquima, clorénquima, células del parénquima de almacenamiento, sistema vascular y médula). En estados avanzados, la parte afectada se desprende y cae al suelo, esto provoca deformaciones y daños en el área superficial fotosintética.

2.8.9 Mancha negra por *Didymella glomerata* (sinónimo *Phoma glomerata*) en kiwi y *Ficus elástica*

Según Pan *et al.* (2018), durante el periodo de 2016 a 2017, apareció una enfermedad en el 70 por ciento de los huertos de kiwi (*Actinidia chinensis* 'Hongyang', 'Hort16A' y 'Jinyan') del condado de Taishun, provincia de Zhejiang en China, la cual inició como una mancha negra en el envés de las hojas y frutos tiernos y que luego se expandió rápidamente a frutos y hojas enteras. En clima húmedo, a menudo observaron numerosos picnidios como gránulos negros en la superficie de los tejidos enfermos. En aislamiento en medio de cultivo Agar Papa Dextrosa (PDA) con estreptomycin y tetraciclina al 1,5 por ciento, produjeron colonias blanquecinas al inicio que luego cambiaron al color verde oliva a marrón oscuro.

Los conidios fueron elipsoides, unicelulares y hialinos o ligeramente pigmentados, con un tamaño promedio de $5,5 \times 3,2 \mu\text{m}$. El hongo compartía características morfológicas de *Didymella glomerata* (Corda) Q. Chen & L. Cai como lo describe Chen *et al.* (2015). Además, fue confirmada por prueba de patogenicidad, análisis molecular y árboles filogenéticos moleculares indicando que *D. glomerata* era responsable de la enfermedad de las manchas negras en los kiwis en China. *D. glomerata* es un patógeno conocido para varios otros hospedadores como *Poa pratensis* y *Cornus officinalis*, pero este es el primer informe de la mancha negra de los kiwis causada por *D. glomerata* en China (Pan *et al.* 2018).

También, durante el otoño de 2007, se informó por primera vez en Irán la aparición de manchas foliares en los márgenes de las hojas de *Ficus elastica* y se determinó que eran

causadas por *D. glomerata*. La mancha apareció en forma aislada o agregada y tenía forma circular o irregular, color marrón pálido en el centro y marrón oscuro en los márgenes (Aghapour *et al.* 2009).

a. Descripción morfológica

Didymella glomerata produjo picnidios subglobosos de 70-225 μm de diámetro (Aghapour *et al.* 2009), glabros, subhialinos a carbonosos, con uno a dos o tres ostiolos, conidia ovoide a elipsoide, unicelular, hialino a color oscuro, 6–7,5 \times 3–3,5 μm y clamidosporas alternaroides en cadenas (Figura 2) (Valenzuela *et al.* 2018).

b. Distribución y hábitat

Phoma glomerata es un hongo del suelo distribuido en todo el mundo y se ha recuperado del suelo, de diferentes tipos de plantas vivas y muertas y materiales inorgánicos, así como de seres humanos. La mayoría de los registros provienen de regiones templadas, pero parece ser particularmente común en las regiones subtropicales. Con frecuencia se encuentra en asociación con síntomas de tizón, manchas en las hojas y pudrición de la fruta como el tizón de las uvas y las vides, *Vitis vinifera*, en todo el mundo. En general, se considera un invasor secundario o un patógeno oportunista. Fue reportado en *F. elastica* de Irán (Aghapour *et al.* 2009). También se notificó *Phoma glomerata* en trigo (*Triticum aestivum* L.) y pepino (*Cucumis sativus* L.) (Valenzuela *et al.* 2018).

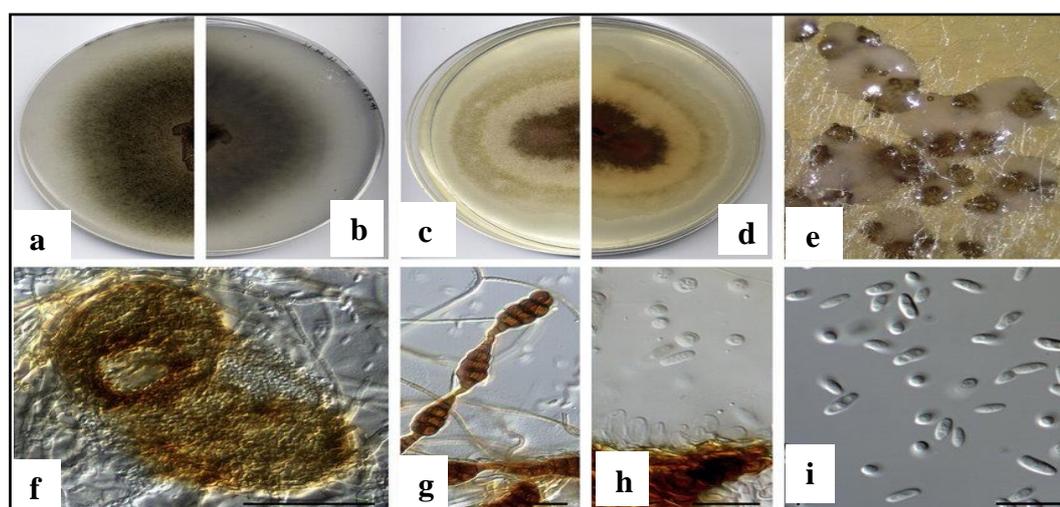


Figura 2: *Didymella glomerata* (UTHSC DI16-205). a) y b) colonia en OA (anverso y reverso), c) y d) colonia en MEA (anverso y reverso), e) picnidios en OA, f) picnidio, g) clamidosporas alternaroides, h) células conidiógenas, i) conidias.

2.8.10. *Didymella microchlamydospora*

Phoma microchlamydospora fue descrita como una nueva especie por Aveskamp *et al.* (2009) de hojas de *Eucalyptus* sp. en Gran Bretaña, siendo posteriormente transferido al género *Didymella* por Chen *et al.* (2015) después de un estudio filogenético. Las dos cepas de esta especie difieren en el origen geográfico (EE. UU.) y en el sustrato (aislado de muestras clínicas humanas), pero son morfológica y genéticamente similares al cultivo vivo extipo de *D. microchlamydospora* (Valenzuela *et al.* 2018). Asimismo, en la última década, Ahmadpour *et al.* (2017) observaron enfermedades en árboles ornamentales y frutales de la provincia de Juzestán en el suroeste de Irán con síntomas de cancro y muerte regresiva y examinaron 48 muestras identificando a *Didymella microchlamydospora* como agente asociado a la enfermedad. También, Das *et al.* (2020) encontraron a esta especie en un estudio de microflora del suelo de la provincia de Gangwon en Corea.

a. Descripción morfológica

D. microchlamydospora con abundantes micropicnidios globosos, café pálido de 35,5-71 x 31-62 μm . Picnidios solitarios o agregados, globosos a alargado, glabros de color gris oscuro a negro, sumergido o superficial sobre el agar, 150-260 x 150-260 μm . Ostiolos papilados de 1-3, frecuentemente en un cuello alargado. Pared picnidial pseudoparenquimatosa de 2 a 5 capas de 10 a 18 μm de espesor. Conidios subglobosos a elipsoidales, hialinos, unicelulares, de 4,5-6,5 x 3,5-4,5 egutulados o con hasta 4 gúttulas. Clamidosporas unicelulares globosas, marrón bronceado, intercalares, a menudo en cadenas, de 4.5–6.5 μm de diámetro, con muchas gúttulas. Clamidosporas multicelulares escasas, 4-13 μm de diámetro, botrioides-dictyosporo, pardas, que constan de hasta 7 células, globosas, intercalares, pero a veces ramificadas lateralmente a partir de hebras de hifas, siempre solitarias, egutuladas o con muchas gúttulas (Aveskamp 2009) y según Das *et al.* (2020) de 8-17 x 7-15 μm (Figura 3).

b. Ecología y distribución

Los aislamientos de *Didymella microchlamydospora* SCUA 11-And_Ole y SCUA 12-Ahv_Ole fueron primero aislados de ramas muertas de olivo (*Olea europaea*, oleaceae) en Andimeshk y Ahvaz, y luego, posteriormente, *D. microchlamydospora* SCUA 13-Ahv_Cit de naranja amarga (*Citrus aurantium*, Rutaceae) en Ahvaz, *D.*

microchlamydospora SCUA 14-Dez_Mor de mora (*Morus nigra*, Moraceae) en Dezfúl, *D. microchlamydospora* SCUA 15- Ahv_Ner de adelfa (*Nerium oleander*, Apocynaceae) en Ahvaz y *D. microchlamydospora* SCUA 16-Ahv_Cal de limpiatubos llorón (*Callistemon viminalis*, Myrtaceae) en Ahvaz (Ahmadpour *et al.* 2017).

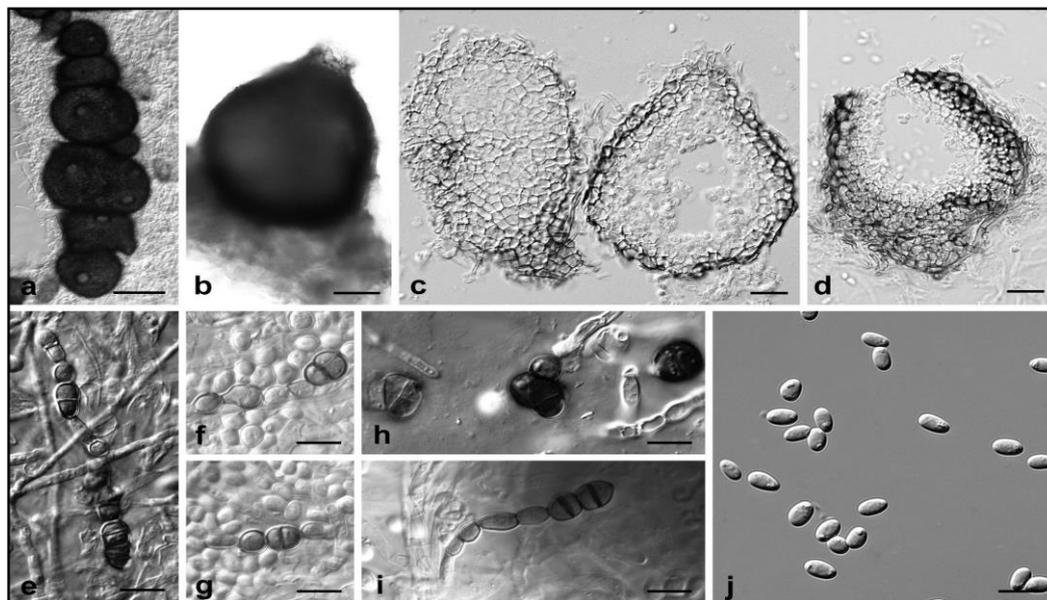


Figura 3: *Phoma microchlamydospora*. a) y b) picnidio, c) y d) corte del picnidio, e) - i) clamidosporas, j) conidia.

Fuente: Aveskamp (2009)

2.8.11 Taxonomía

Según Aveskamp *et al.* (2009), Schoch *et al.* 2006 citados por Picos *et al.* (2015) y Lombard *et al.* (2015) la taxonomía de *Didymella*, *Lasiodiplodia theobromae* y *Bisifusarium lunatum*, respectivamente es como sigue:

Reino	:	Fungi
Phylum	:	Ascomycota
Subphylum	:	Pezizomycotina
Clase	:	Dothideomycetes
Subclase	:	Pleosporomycetidae
Orden	:	Pleosporales
Familia	:	Didymellaceae
Género	:	<i>Didymella</i>

- Especie : *Didymella glomerata* (Corda) Q. Chen & L. Cai, *Studies in Mycology* 82: 176 (2015).
- Especie : *Didymella microchlamydospora* (Aveskamp & Verkley) Q. Chen & L. Cai, *studies in Mycology* 82: 178. 2015
- Orden : Botryosphaerales
- Familia : Botryosphaeriaceae
- Género : *Lasiodiplodia*
- Especie : *Lasiodiplodia theobromae* (Pat.) Griffon & Maubl., *Bulletin de la Société Mycologique de France* 25: 57 (1909).
- Clase : Sordariomycetes
- Subclase : Hypocreomycetidae
- Orden : Hypocreales
- Familia : Nectriaceae
- Género : *Bisifusarium*
- Especie : *Bisifusarium lunatum* (Ellis & Everth) L. Lombard & Crous

2.9 PATOMETRÍA

Es una herramienta de la fitopatología que busca estimar en forma cualitativa o cuantitativa una enfermedad en campo o invernadero. El estudio para conocer la intensidad y prevalencia de una enfermedad es el primer paso para comprender la relación entre una enfermedad y las pérdidas causadas por la misma. Los métodos para medir las enfermedades pueden ser directos o indirectos. Los métodos directos comprenden valoraciones visuales de las enfermedades, tomando como patrón estándares visuales debiendo considerarse, además, la fecha de evaluación, condiciones ambientales, estado fenológico del cultivo y tejidos vegetales a evaluar (Lavilla e Ivancovich 2016).

Uno de los propósitos de la evaluación y medición de las enfermedades es la determinación de las medidas de control como la eficiencia de fungicidas o agentes de control biológico. Los métodos directos y cuantitativos de evaluación son: la prevalencia, severidad e incidencia (Lavilla e Ivancovich 2016).

2.9.1 Severidad

Es el porcentaje de la superficie del órgano enfermo, ya sea de hojas, tallos, raíces o frutos afectados por la enfermedad y varía entre 0 y 100. Es un parámetro subjetivo y refleja con precisión la relación de la enfermedad con el daño provocado en el cultivo (Lavilla e Ivancovich 2016).

$$\text{Severidad (S)} = \text{Área de tejido enfermo} * (\text{área total})^{-1} * 100$$

2.9.2 Incidencia

Es la proporción de plantas enfermas en relación al total de plantas evaluadas (Mont 2002). Las unidades de medida pueden ser plantas, hojas, folíolos, flores, frutos, raíces, espigas, etc. Se evalúa en cada individuo la presencia o ausencia de enfermedad. Es un parámetro objetivo y su uso en el cultivo es particularmente útil para estudiar la velocidad y patrón de avance de las enfermedades (Lavilla e Ivancovich 2016).

$$\text{Incidencia (I)} = \text{N}^{\circ} \text{ de plantas enfermas} * (\text{total de plantas})^{-1} * 100$$

2.10 ÁREA BAJO LA CURVA DE PROGRESO DE LA ENFERMEDAD (ABCPE)

El ABCPE se usa con frecuencia para combinar múltiples observaciones del progreso de la enfermedad en un solo valor (Simko y Piepho 2012). El ABCPE es un descriptor de epidemias que ha demostrado ser una medida confiable para estimar el efecto de fungicidas, resistencia del hospedante (Fry 1978) o aptitud del patógeno. Este descriptor toma en cuenta el tiempo de inicio de la enfermedad, la tasa de incremento de la enfermedad y la severidad final. Las unidades del ABCPE son porcentaje-días (si la severidad es expresada en proporción) (Campbell y Madden 1990). Cuanto más alto es el valor del ABCPE, más severa es la epidemia.

2.11 CONTROL

En la actualidad las medidas de control se basan generalmente en aplicaciones de productos químicos, biológicos y bioestimulantes. En las plantaciones de tuna, después de la estación lluviosa, la medida de control para la mancha necrótica consiste en revisar las plantas para detectar y eliminar los cladodios que muestren los primeros síntomas de la enfermedad, realizar la poda preventiva para favorecer la ventilación y aplicar

fungicidas cúpricos antes de la estación lluviosa (Granata *et al.* 2018), además de eliminación de malezas, destrucción de residuos y la fertilización adecuada (Dávila 2008).

a. Biocontrol

El principio del uso de biocontroladores es cambiar el equilibrio en poblaciones de organismos nocivos, normalmente mediante un incremento artificial importante, para favorecer la producción agrícola aprovechando los principios ecológicos como la competencia y el antagonismo que rigen los procesos (Castro y Rivillas 2012). La respuesta de las plantas a la inoculación depende de las compatibilidades funcionales en la fisiología y en la bioquímica de la interacción, entre los componentes microbianos; así arroja diferentes respuestas, dependiendo de la combinación de los microorganismos (Bae y Knudsen 2005). El ambiente es un factor crucial en el éxito del control biológico, tales como: la temperatura, potencial hídrico, radiación, pH, cargas superficiales, iones y compuestos de carbono que contienen energía. Cada uno de estos factores varía en tiempo y espacio e interacciona entre ellos. El ambiente abiótico es dinámico, heterogéneo y complejo (Melgarejo y De Cal 2006).

b. Multifuncionalidad de los microorganismos

La multifuncionalidad de los microorganismos en los sistemas agrícolas, se expresa según factores bióticos, como la competencia con otros microorganismos, la composición biológica del suelo, el reconocimiento planta- microorganismo y; factores abióticos, como la climatología, las características físicas y químicas del suelo, que influyen directamente en el tipo de interacción de estos organismos y la expresión de los efectos benéficos o perjudiciales, determinantes en el desarrollo de los cultivos (Harman 2006).

c. Productos comerciales empleados en el biocontrol

Según Vinchira y Moreno (2019), la Agencia de Protección Ambiental Estadounidense (EPA) tiene un registro de 114 aislamientos de Agentes de Control Biológico y la mayoría corresponden a bacterias del género *Bacillus* y *Pseudomonas* y hongos del género *Trichoderma* que constituyen los ingredientes activos de productos comercializados por empresas como Bayer CropScience, Novozimes, BASF y Syngenta con amplios espectros de acción para el manejo de fitopatógenos en diferentes cultivos.

Por otra parte, los microorganismos más usados en los productos listados por el Instituto Agropecuario Colombiano (ICA) corresponden a *Trichoderma viridae*, *T. harzianum* y *T. lignorum* y están autorizados para su aplicación en cereales, hortalizas, árboles frutales y leguminosas.

2.12 BIOFUNGICIDAS

Son productos biológicos con acción fungicida cuya materia activa es un microorganismo antagonista (Melgarejo y De Cal 2006), tales como hongos y bacterias que actúan controlando a los fitopatógenos (Agrotterra 2011), mediante cinco modos de acción como: competencia, antibiosis, explotación, resistencia inducida en el huésped y lisis, bien de forma individual o asociada. El 68 por ciento de biofungicidas actúan por competencia y antibiosis, aunque algunos incluyen la resistencia inducida y la promoción del crecimiento en sus mecanismos de acción (Melgarejo y De Cal 2006).

a. *Trichoderma*

Trichoderma actúa por medio de la competencia por sustrato, la producción de sustancias fungitóxicas, la inducción de resistencia por medio de fitoalexinas y el micoparasitismo. Además, ayuda a la proliferación de micorrizas y bacterias fijadoras de nitrógeno, con lo que la planta requerirá hasta un 20% menos de nutrientes químicos (Castro y Rivillas 2012). La adaptabilidad, la diversidad de mecanismos biológicos y la plasticidad ecológica que posee *Trichoderma*, hicieron que se convirtiera en un excelente Agente de Control Biológico (Ezziyani *et al.* 2004).

b. *Trichoderma harzianum*

Este biocontrolador es usado como un biofungicida que actúa en el control de enfermedades radiculares, foliares y tratamiento de semillas. Tiene efecto comprobado sobre *Pythium*, *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Thielaviopsis* y *Cylindrocladium* (Gómez *et al.* 2018). Protege las raíces de las plantas y suprime las enfermedades foliares (Agrotterra 2011). *Trichoderma harzianum* produce endoquitinasa y otras enzimas que le permite consumir hongos patógenos en un proceso llamado micoparasitismo. Según Harman (2006) el micoparásito crece sobre el contenido de las hifas del patógeno produciendo B-1,3- glucanasa y quitinasa que causa exolisis. La exolisis es la disolución de la pared y

membrana celular seguida por derrame del contenido celular de la hifa del patógeno que provoca la muerte (Martínez *et al.* 2013). *T. harzianum* también produce sustancias de tipo antibiótico tales como Trichodermin y harzianopiricono que causan un efecto antagónico sobre el fitopatógeno y enzimas de tipo lítico que son capaces de destruir los esclerocios o estructuras de resistencia del fitopatógeno (Martínez *et al.* 2017).

Diversos autores han utilizado especies de *Trichoderma* para el control de hongos fitopatógenos. Según Ezziyyani *et al.* (2004), *T. harzianum* ha tenido actividad biofungicida sobre *Phytophthora capsici* en ají; asimismo, se ha encontrado que en plántulas de lechuga cepas de *Trichoderma* disminuyeron significativamente la incidencia de *Rhizoctonia solani*, además de incrementar el peso y altura de las plantas. En frijol, se demostró que inmersiones de semillas con *Trichoderma* spp., antes y después de la siembra, fueron efectivas para el control de hongos patógenos de la semilla y del suelo (González *et al.* 2005).

Perello *et al.* (2006) en un estudio sobre el efecto de *Trichoderma harzianum* y *T. koningii* en el control de la mancha bronceada (*Pyrenophora tritici-repentis*) y la mancha foliar (*Mycosphaerella graminicola*) del trigo en condiciones de campo en Argentina; encontraron diferencias significativas entre cultivares de trigo, tipos de inóculo y etapas de crecimiento. Además, reportan que tres de los aislamientos ensayados mostraron mayor eficacia en el control de la mancha bronceada y la mancha foliar cuando se recubrieron las semillas o por aspersión sobre el follaje del trigo en diferentes etapas de crecimiento con una reducción significativa de la severidad por encima del 56 por ciento. Según Papavizas *et al.* (1982) los biotipos de *T. harzianum* inducidos por irradiación UV fueron más efectivos que la cepa nativa en la supresión del ahogamiento (*Pythium ultimum*) de los guisantes, ahogamiento (*Rhizoctonia solani*) del algodón y el rábano y la pudrición blanca (*Sclerotium cepivorum*) de cebolla.

No hay referencia del uso de *T. harzianum* en el control de la mancha necrótica en tuna.

c. *Bacillus subtilis*

Bacillus subtilis ha mostrado una excelente capacidad para inhibir el crecimiento y esporulación de una amplia gama de hongos fitopatógenos. Las cepas más activas de esta bacteria aislada de la península de Yucatán en México causaron la inhibición del

crecimiento micelial de 32 a 78 por ciento de *Alternaria alternata*, *Helminthosporium rostratum* y *Curvularia lunata* en pruebas de confrontación directa (Ruíz *et al.* 2016). Según Zohora *et al.* (2016), *B. subtilis* mostró una reducción del 80 por ciento de la incidencia del damping-off causada por *Rhizoctonia solani* en tomate. También, Arcos y Zúñiga (2015) en ensayos en invernadero, inoculando *Bacillus subtilis* en el momento del trasplante, mostraron valores de incidencia de 15,19 y 6,99 por ciento y severidad de 5,75 a 9,06 y 5,73 a 7,31 por ciento de la enfermedad causada por *Rhizoctonia solani* en plántulas de papa variedad Ccompis y Andina respectivamente en comparación del testigo que presentaron de 25,24 y 12,78 por ciento de incidencia en la variedad Ccompis y Andina respectivamente y una severidad mayor al 30 por ciento en ambas variedades.

B. subtilis es una bacteria Gram positiva que ejerce su capacidad biocontroladora de fitopatógenos mediante antibiosis, competencia y antagonismo. Producen antibióticos como la gramicidina, surfactin, ituriny y fengicyn. Compiten por espacio y nutrientes y tienen la capacidad de secretar enzimas digestivas como quitinasas, celulasas, amilasas, proteasas y glucanasas. Es de aplicación foliar y radicular (Stein 2005) además, mejora el crecimiento de los cultivos (Gómez *et al.* 2018). No hay referencia del uso de *Bacillus subtilis* en el control de la mancha necrótica en tuna.

d. Licthor

Es un fungicida biológico comercial en base a extracto de caña (*Saccharum officinarum*) cuyo ingrediente activo son los ácidos urónicos obtenidos por fermentación microbiana, que al ser aplicados desencadenan muerte celular en los hongos fitopatógenos por autólisis (Biogen 2021). No hay referencia del uso de licthor en el control de la mancha necrótica en tuna.

2.13 BIOESTIMULANTES

Los bioestimulantes, son una variedad de productos comunes en la naturaleza, como los aminoácidos, vitaminas, ácidos orgánicos, algas, ácidos húmicos, azúcares, los microorganismos del suelo y la quitina, que actúan sobre la fisiología de las plantas, estimulando los procesos naturales incrementando su desarrollo y mejoran su productividad, contribuyendo a incrementar la resistencia de las especies vegetales, ante diversas enfermedades (González *et al.* 2012).

a. Quitosano

Es un producto bioestimulante que favorece la respuesta de defensa de la planta y sólo hay referencias sobre el efecto inhibitorio *in vitro* del crecimiento micelial de *Colletotrichum gloeosporioides* y *Fusarium lunatum* asociado a la mancha negra de la tuna y la disminución de la incidencia de estos en un 40 y 100 por ciento, respectivamente, *in vivo* en cladodios de nopal verdura variedad Milpa Alta sumergidos por 5 minutos en quitosano a una concentración de $2 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ (Flores 2012).

El quitosano, un polímero natural, participa en la estimulación del crecimiento, el desarrollo y los rendimientos en cultivos de interés (González *et al.* 2012). Además, tiene propiedades antifúngicas *in vitro* e *in vivo*. También induce o inhibe diferentes actividades bioquímicas durante la interacción planta-patógeno mejorando la tolerancia a una amplia variedad de fitopatógenos, lo cual indica que el uso de este compuesto como inductor natural puede ser explotado en la agricultura sostenible (Rodríguez *et al.* 2009). Los quitosanos disueltos poseen la capacidad inductora de mecanismos de defensa en plantas, como la actividad quitinasa y glucanasa en plantas de tabaco contra la invasión de *Phytophthora parasítica* var. *nicotianae* (Falcón *et al.* 2002) y la producción de compuestos fenólicos y su acumulación en raíces, lo cual impide el ataque de *Fusarium* (Flors *et al.* 2003).

En relación a las respuestas de defensa que el quitosano activa se pueden citar las siguientes: la síntesis de lignina y calosa, inducción de la fenilalanina amonio liasa (PAL), biosíntesis de fitoalexinas, producción de inhibidores de proteasas y proteínas relacionadas con la patogenicidad como son: quitinasa, glucanasa, peroxidasa (POD) y quitosanasa (Rodríguez *et al.* 2009). La PAL también está involucrada en la síntesis directa del ácido salicílico por la vía del ácido benzoico que es considerado una importante señal en la amplificación de las respuestas sistémicas defensivas de las plantas (Lárez 2008).

b. Fosfito de potasio

El fosfito se puede utilizar como un bioestimulador. Según Gómez y Trejo (2015) mejora el rendimiento de la planta activando respuestas moleculares, bioquímicas y fisiológicas, especialmente cuando se aplica en presencia de suficiente fosfato. Además, de acuerdo a

INTAGRI (2017a) el fosfito mejora la absorción y asimilación de nutrientes, la tolerancia al stress abiótico y la calidad del fruto cosechado. Una vez incorporado dentro de la planta el fosfito es partícipe del metabolismo secundario de la planta, estimulando reacciones bioquímicas que dan lugar a los aminoácidos esenciales, ácido indolacético, ácido salicílico, fenoles, fitoalexinas, antioxidantes, lignina y tolerancia al stress abiótico. Asimismo, promueve el crecimiento de la raíz, generando un incremento en el rendimiento y calidad de los cultivos hortofrutícolas (INTAGRI 2017b).

García (2014) en su investigación de tesis de posgrado titulado “Mecanismos de defensa inducidos por la combinación de *Trichoderma harzianum* y Quitosano en nochebuena (*Euphorbia pulcherrima*) contra *Phytophthora drechsleri*” evaluó los mecanismos de defensa de inducción temprana como el fortalecimiento de la pared celular y la respuesta hipersensible (HR) y; también, la inducción de mecanismos de defensa relacionados con la resistencia como la producción de proteínas relacionadas con la patogénesis (proteínas PR) y fitoalexinas concluyendo que, la aplicación por separado de *Trichoderma harzianum* y quitosano muestran mecanismos de defensa vegetal inducidos diferentes entre sí; siendo más efectiva la respuesta inducida por *T. harzianum*.

Asimismo, plantas de arroz obtenidas a partir de semillas tratadas con quitosano hidrolizado 500 mg*L⁻¹ e inoculadas artificialmente con *Pyricularia grisea* mostraron un aumento marcado de la actividad de la PAL (Rodríguez *et al.* 2009). También, la aplicación de quitosano 1.0 g·litro⁻¹ en pre-cosecha indujo la actividad PAL en frutos de uva y disminuyó la infección por patógenos. Además, una respuesta de resistencia inducida contra *Puccinia arachidis* fue reportada en cacahuete (*Arachys hypogaea*) al tratar las hojas con quitosano 1000 ppm, que después de diez días presentaron actividades intercelulares máximas de quitinasa y β-1,3-glucanasa (González *et al.* 2013). Otros investigadores trataron plántulas de chícharos con quitosano 0,5 mg·litro⁻¹ y posteriormente las infectaron con *F. solani* fsp. *pisi* y observaron una elicitación máxima de quitinasa a las 10 h (Rodríguez *et al.* 2009). De igual manera, las hojas de plantas de tabaco asperjadas con quitosano 0.1 g·litro⁻¹ presentaron mayor actividad de quitosanasas y glucanasas (González *et al.* 2012). Igualmente, Domínguez *et al.* (2016) demostraron que el fosfito de potasio, silicio y quitosano redujeron la incidencia y severidad de la oidiosis del rosal con respecto al testigo; sin embargo, solo el fosfito de potasio y silicio manifestaron un control similar al fungicida acetato de dodemorf y sólo el tratamiento

con quitosano incrementó la longitud y diámetro del tallo y del botón floral en relación con fosfito de potasio y silicio.

La efectividad de la actividad antifúngica del quitosano depende en gran medida de su grado de polimerización (Flors *et al.* 2003). Se plantea que cuando la carga positiva sobre el C-2 del monómero de glucosamina se encuentra por debajo de pH 6, el quitosano es más soluble y tiene una mejor actividad antimicrobiana que la quitina (Lárez 2008). En Egipto, comprobaron que el quitosano reducía el crecimiento micelial y producción de esporas del patógeno *Phytophthora infestans*, a la concentración de 1 mg·mL⁻¹. Asimismo, el quitosano redujo la germinación de la uredospora de *Puccinia arachidis* a una concentración de 1 g·litro⁻¹ y con igual concentración fue probado contra *Pyricularia grisea* observándose en este caso infertilidad en las hifas de donde se deduce que la sensibilidad a la acción del quitosano depende del género y especie del hongo (Rodríguez *et al.* 2009).

No hay referencia del uso de fosfito de potasio en el control de la mancha necrótica en tuna.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO

El experimento se realizó en un campo de cultivo de tuna cuya ubicación geográfica se presenta a continuación:

Latitud	:	17°28'44,75"
Longitud	:	70°02'11,07"
Altitud	:	3 042 m.s.n.m.
Departamento	:	Tacna
Provincia	:	Tarata
Distrito	:	Tarata

3.2 CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO DE CULTIVO DE TUNA EN ESTUDIO

Extensión	:	Una hectárea
Variedad	:	Blanca
Estado sanitario	:	Plantas con mancha necrótica en cladodios
Edad	:	6 años
Tipo de cultivo	:	En laderas
Número de laderas	:	20
N° plantas/ladera	:	60 plantas dispuestas en dos filas

3.3 FASE DE LABORATORIO E INVERNADERO

El aislamiento del hongo causante de la enfermedad, la purificación y caracterización se llevaron a cabo en el laboratorio de Micología de la Facultad de Ciencias y; la prueba de patogenicidad se realizó en el invernadero de la Escuela de Agronomía de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann de Tacna.

3.3.1 Material biológico

En un campo de cultivo del distrito de Tarata, durante el mes de enero de 2018, se colectaron cladodios que presentaron síntomas de mancha plateada ligeramente convexa, limitada por un anillo pajizo, de forma subsférica de 11-12 x 13- 15 mm de diámetro (Figura 4).



Figura 4: Cladodios con mancha necrótica: Izquierda, cladodio joven; derecha, cladodio maduro.

Se hicieron cinco colectas, el método de muestreo fue el de cinco de oros descrito por Flores (2012) (Figura 5).

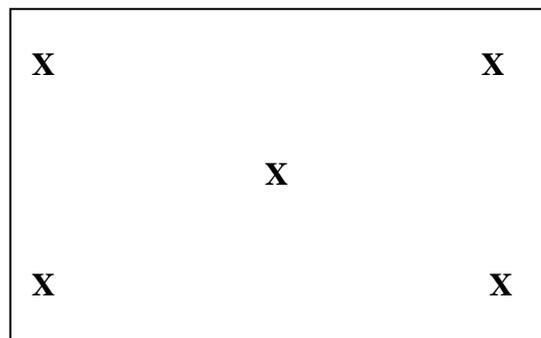


Figura 5: Esquema de muestreo en cinco de oros.

3.3.2 Aislamiento y purificación de los hongos asociados a la mancha necrótica

El aislamiento se hizo mediante el método para inducir la esporulación y el método de aislamiento directo, recomendados para hongos productores de manchas foliares y de crecimiento lento según Tuite (1969) y Flores (2012). Los cladodios con síntomas característicos de la enfermedad se lavaron con agua corriente, se cortaron segmentos de aprox. 3 cm de la zona de avance de la enfermedad y se desinfectaron con hipoclorito de sodio al 1,0 por ciento durante 2 minutos, luego se enjuagaron con agua destilada estéril por tres veces consecutivas y finalmente se secaron sobre papel toalla estéril. Unos segmentos se colocaron en una cámara húmeda según el método para inducir la esporulación. Posteriormente, las esporas producidas fueron colocadas en el centro de los medios de cultivo de Agar Papa Dextrosa (PDA), Agar Avena (OA), Agar Opuntia (OPA) y Agar Extracto de Malta (MEA).

También, se cortaron cuatro pequeños segmentos de 0,5 cm de la zona de avance de la enfermedad del resto de segmentos desinfectados, se colocaron en zonas equidistantes sobre Agar Agua en placas de Petri y se incubaron a temperatura de $25 \pm 1^\circ\text{C}$ hasta la esporulación del hongo. El método de aislamiento directo se efectuó cogiendo directamente las esporas de las lesiones del cladodio, con una aguja fina observando a través del estereoscopio y disponiéndolo sobre el medio PDA y OA en placas de Petri.

El cultivo puro de los hongos aislados se realizó por cultivo monospórico según el método de French y Hebert (1980) que consistió en sembrar una suspensión de esporas mediante la técnica de siembra de diseminación en superficie en agar agua y posteriormente cortar un bloque de agar que contenga la espora y transferir en puntos centrales sobre el medio de cultivo PDA, OA, OPA y MEA en placas de Petri. Finalmente se incubó a $25 \pm 1^\circ\text{C}$ en una incubadora marca Bionet S.A. modelo BN80 durante 4 semanas y se evaluó la esporulación a intervalos de 3 días (Ayala *et al.* 2006).

3.3.3 Prueba de patogenicidad de los hongos aislados

La prueba de patogenicidad se llevó a cabo en plantas sanas de *Opuntia ficus-indica* de cuatro meses de edad crecidas en bolsas de polietileno y en condiciones de invernadero. El ensayo se estableció de marzo hasta junio del 2018. Se emplearon tres plantas por especie de hongo aislado e igual número de plantas para el grupo control.

El inóculo de cada hongo aislado se preparó cultivando en placas Petri de 90 mm de diámetro que contenían OA e incubados a una temperatura de 25 °C durante 14 días. La inoculación en los cladodios se efectuó mediante el método por contacto (French y Hebert 1980). Se obtuvieron discos de agar colonizado con un sacabocado de 5 mm de diámetro de la zona de crecimiento activo de cada cultivo y se colocó en cuatro puntos del cladodio previamente fricciónada con hisopo humedecido en agua destilada estéril, para generar heridas. Los controles se inocularon con discos de agar estéril sin colonizar. Todas las plantas se cubrieron con una bolsa de polietileno y fueron mantenidos hasta la aparición de síntomas (Figura 6). Dentro de cada bolsa se colocó un pedazo de algodón humedecido en agua destilada estéril, para darle condiciones de humedad. Finalmente, se realizaron nuevos aislamientos desde los márgenes de las lesiones en PDA y OA.



Figura 6: Prueba de patogenicidad. a) Obtención de discos del cultivo fúngico, b) Fricción para generar heridas, c) Plantas cubiertas con bolsas de polietileno.

3.3.4 Caracterización morfológica e identificación

La caracterización morfológica de los cultivos fúngicos aislados se realizó siguiendo los métodos descritos por Boerema *et al.* 2004, citado por Chen *et al.* (2015) para el crecimiento en cultivos sobre MEA, OA, PDA y OPA. Se midieron los diámetros de las colonias a los 7 d de incubación y las morfologías de las colonias se determinaron después de 14 d de incubación. Los colores de las colonias en la superficie y el reverso de las placas de Petri inoculadas se evaluaron de acuerdo con las tablas de colores de Rayner 1970, citado por Chen *et al.* (2015).

Se realizaron las descripciones morfológicas microscópicas y mediciones para 30 réplicas de los conidiomas maduros y conidios. Para la caracterización microscópica se utilizó azul de lactofenol como líquido de montaje. Las observaciones se efectuaron con un microscopio estereoscopio y un microscopio óptico marca Micros Austria. La identificación morfológica de los aislamientos se llevó a cabo siguiendo las claves taxonómicas de Barnett y Hunter (1998), Leslie y Summerell (2006), Chen *et al.* (2015), Aveskamp (2009), Schroers *et al.* (2009) y Alves *et al.* (2008).

3.4 FASE DE CAMPO

La prueba de efectividad de productos comerciales con actividad bioestimulante y biofungicida en el control de la mancha necrótica se llevó a cabo en el fundo de cultivo de tuna de una hectárea, variedad blanca de seis años de edad en Tarata, Tacna.

3.4.1 Descripción de los productos comerciales

Se ensayó el efecto de seis productos comerciales con acción biofungicida y bioestimulante. En el Cuadro 2 se muestra los 14 tratamientos aplicados mediante dos vías de aplicación: foliar (*f*) y drench (*d*), entre ellos el tratamiento a base de azoxystrobin (TA), que fue el testigo estándar y un testigo absoluto sin aplicación (T).

a. Quitosano + levadura hidrolizada (Bio BG-Moss)

Es un activador radicular y foliar que contiene una mezcla homogénea de alto contenido de quitosano, 7 por ciento, extraído de caparzones de crustáceos y; levaduras hidrolizadas de *Saccharomyces cerevisiae* que aporta oligosacáridos como mananos y glucanos, 0.67 por ciento, aminoácidos levógiros, 2,15 por ciento y vitaminas. Su mecanismo de acción es

incrementar la actividad metabólica de las raíces, activa el sistema de defensa natural y el crecimiento vegetal. Los aminoácidos intervienen en la absorción de nutrientes, síntesis de clorofila, síntesis de auxinas, precursores de poliaminas y confieren cierta resistencia al Stress (Naturagro S.A. 2021).

b. Fosfito de potasio (Phosalex)

Es un fertilizante líquido con acción sistémica ascendente y descendente que le permite actuar sobre el sistema radicular y foliar de la planta. Está compuesto de fosfito de potasio 840 g/L y ácidos orgánicos 30 g/L. El fosfito de potasio se degrada rápidamente, en el suelo y tejidos de la planta, produciendo ácido fosforoso, compuesto activo, que estimula la producción de fitoalexinas auxiliando a los cultivos a tolerar el ataque de algunos patógenos como: tristeza, gomosis, mildiú, pudriciones radiculares y marchitez (Farmagro s.f.).

c. Ácidos urónicos (Lictor)

Es un fungicida biológico compuesto por extracto vegetal (*Saccharum officinarum*) en 6,61 por ciento y ácidos urónicos 1,41 por ciento; los que atraviesan la membrana celular, y en el citoplasma del patógeno actúan desencadenando la inducción de enzimas fúngicas endógenas poligalacturonasas y pécticas que participan en la degradación de la pared celular y membranas causando autólisis del patógeno (Biogen 2021).

d. *Trichoderma harzianum* (Tricho D)

Es un biofungicida antagonista que coloniza el suelo y compite con los hongos causantes de las enfermedades radiculares en los cultivos y es parásito de los hongos: *Fusarium oxysporum* en el cultivo de alcachofa y cebolla, *Phytophthora cinnamomi* y *Lasiodiplodia theobromae* en palto. Contiene esporas de *Trichoderma harzianum* a una concentración de 1×10^8 esporas/g (SERFI 2021).

e. Azoxystrobin (Oficial 500 WG)

Es un fungicida del grupo de las estrobirulinas con acción sistémica local, traslaminar y de contacto que le permite ejercer un control preventivo y curativo de hongos ascomicetos, basidiomicetos, deuteromicetos y oomicetos. Su composición química es la Azoxystrobina, 500 g/L. El mecanismo de acción es interferir la respiración mitocondrial de las células del

fitopatógono inhibiendo la germinación de las esporas, la movilidad de zoosporas y el crecimiento de la hifa en estados iniciales (Soltagro 2018).

f. *Bacillus subtilis* (Bio-Splent 70 WP)

Es un biofungicida preventivo de uso agrícola cuyo ingrediente activo es *Bacillus subtilis* AP-01, contiene esporas a una concentración de 1×10^9 ufc/g en formulación polvo mojable, puede ser usado por aplicaciones foliares y al suelo. Su mecanismo de acción es por antagonismo expresada como competencia por nutrientes, exclusión de sitio, colonización y unión de la bacteria al patógeno. Además, induce la resistencia sistémica adquirida y detiene la germinación de las esporas del patógeno, por disrupción del tubo germinativo en crecimiento inhibiendo la unión del hongo a la hoja (Silvestre 2015).

Cuadro 2: Tratamientos empleados para el control de la mancha necrótica en tuna.

Número	Código	Tratamientos
T1	Qd	Quitosano (BIO BG-MOSS)
T2	LId	Ácidos urónicos (Lichthor)
T3	FPd	Fosfito de potasio (Phosalex)
T4	TAd	Azoxystrobin (OFICIAL 500 WG)
T5	BSd	<i>Bacillus subtilis</i> (BIO-SPLENT 70 WP)
T6	THd	<i>Trichoderma harzianum</i> (TRICHO D)
T7	Td	Testigo absoluto (sin aplicación)
T8	Qf	Quitosano (BIO BG-MOSS)
T9	LIf	Ácidos urónicos (Lichthor)
T10	FPf	Fosfito de potasio (Phosalex)
T11	TAf	Azoxystrobin (OFICIAL 500 WG)
T12	BSf	<i>Bacillus subtilis</i> (BIO-SPLENT 70 WP)
T13	THf	<i>Trichoderma harzianum</i> (TRICHO D)
T14	Tf	Testigo absoluto (sin aplicación)

Leyenda: *d*, drench; *f*, foliar

3.4.2 Dosis, frecuencia y etapa fenológica de aplicación

La dosis y frecuencia de aplicación de los productos comerciales con actividad biofungicida y bioestimulante empleados para ensayar su eficacia en el control de la enfermedad estuvieron basadas en las fichas técnicas de cada producto. La aplicación de los seis productos comerciales se realizó a inicios de la etapa fenológica de brotación de yemas, previo a la etapa de floración, el 17 de setiembre de 2017. Los tratamientos con quitosano, fosfito de potasio y lichthor se aplicaron en tres oportunidades y con una frecuencia de 7 días, 20 días y 12 días, respectivamente. Los tratamientos con *Bacillus subtilis*, *Trichoderma harzianum* y Azoxystrobin se aplicaron en dos oportunidades y con una frecuencia de 10 días, 30 días y 30 días, respectivamente (Cuadro 3).

3.4.3 Diseño de la investigación

Se empleó un diseño con estructura factorial de 7 x 2 y 3 repeticiones. El factor A estuvo representado por seis productos comerciales con actividad biofungicida y bioestimulante y un testigo absoluto o control dando lugar a siete niveles. El factor B representado por dos vías de aplicación de los productos dando lugar a dos niveles. En total se obtuvieron 14 tratamientos o combinaciones entre los niveles de los factores A y B. Cada unidad experimental estuvo representada por 5 plantas, siendo cada planta una unidad muestral, de modo que se tuvieron 70 plantas por bloque y 210 plantas en los tres bloques.

3.4.4 Características del campo experimental

El campo experimental consistió en tres bloques (repeticiones): I, II y III; cada uno estuvo conformado por las 14 combinaciones de tratamientos y cada combinación o unidad experimental por 5 plantas dispuestas en tres laderas contiguas. La separación entre tratamientos fue de 2 plantas y la separación entre bloques de una ladera. Sus medidas fueron: Largo 94 m, ancho 33 m y el área total 3 102 m² (Figura 7).

3.4.5 Aplicación de los bioestimulantes y biofungicidas

Las plantas de tuna seleccionadas para el ensayo, se marcaron con cinta y plumón de tinta indeleble. La aplicación de los productos con acción bioestimulante y biofungicida se llevaron a cabo el 17 de setiembre a inicios de la etapa fenológica de brotación de yemas; a una dosis, frecuencia y concentración indicada en la etiqueta de cada producto de acuerdo a los tratamientos (Cuadro 2 y 3). Los productos se prepararon *in situ* y se adicionaron el

coadyuvante Alkylaril polyethoxy etanol 14% (BB5®-PLUS) al momento de la preparación de la suspensión. Las aplicaciones se efectuaron con un equipo pulverizador de mochila manual de 15 litros de capacidad, con boquilla de cono hueco, en horas de la mañana. Se emplearon dos vías de aplicación, la vía foliar mediante aspersion sobre las pencas y la vía drench, por aplicación de un volumen de 1 litro en la superficie del suelo de cada planta.

3.4.6 Estimación del porcentaje de incidencia y porcentaje de control de la mancha necrótica

La incidencia de la enfermedad se evaluó en 15 oportunidades, con una frecuencia de siete días, posterior a la primera aplicación de los productos comerciales ensayados. Se consideró como unidad de análisis a los cladodios. Se registró el número de cladodios infectados en cada planta. El porcentaje de incidencia se estimó utilizando la fórmula de Van der Plank (1975) y el porcentaje de control de la mancha necrótica se calculó utilizando la fórmula indicada por Hassanein (2012):

N° de cladodios infectados

Porcentaje de incidencia de la enfermedad = ----- x 100

N° total de cladodios

Porcentaje de control de la enfermedad = 100 – incidencia de la enfermedad

Cuadro 3: Dosis y frecuencia de aplicación de los productos comerciales con actividad bioestimulante y biofungicida ensayados.

Ingrediente activo	Firma comercial	Nombre comercial	Dosis	Fechas y Frecuencia de aplicación									
				17 set	24 set	27 set	29 set	01 Oct	06 oct	10 oct	17 oct	26 oct	
				1 ^{era} aplicación.	7dda*	10dda	12dda	14dda	20dda	24dda	30dda	39dda	
Quitosano 7 por ciento, mananos, glucanos y aminoácidos	Naturagro	Bio BG-Moss	400 cc/100 L	X	X			X					
Fosfito de potasio	Farmagro S.A.	Phosalex	500 mL/200L	X					X				X
Ácidos urónicos	Biogen Agro	Lichthor	4 L/ha	X			X			X			
<i>Bacillus subtilis</i>	Silvestre	Bio Spelnt 70 WP	1,5 kg/200 L	X		X							
<i>Trichoderma harzianum</i>	Serfi S.A.	Tricho D	300g/ha	X								X	
Azoxystrobin	Soltagro	Oficial 500 WG	0.06 kg/Cil	X								X	

Leyenda: *dda : días después de la primera aplicación.

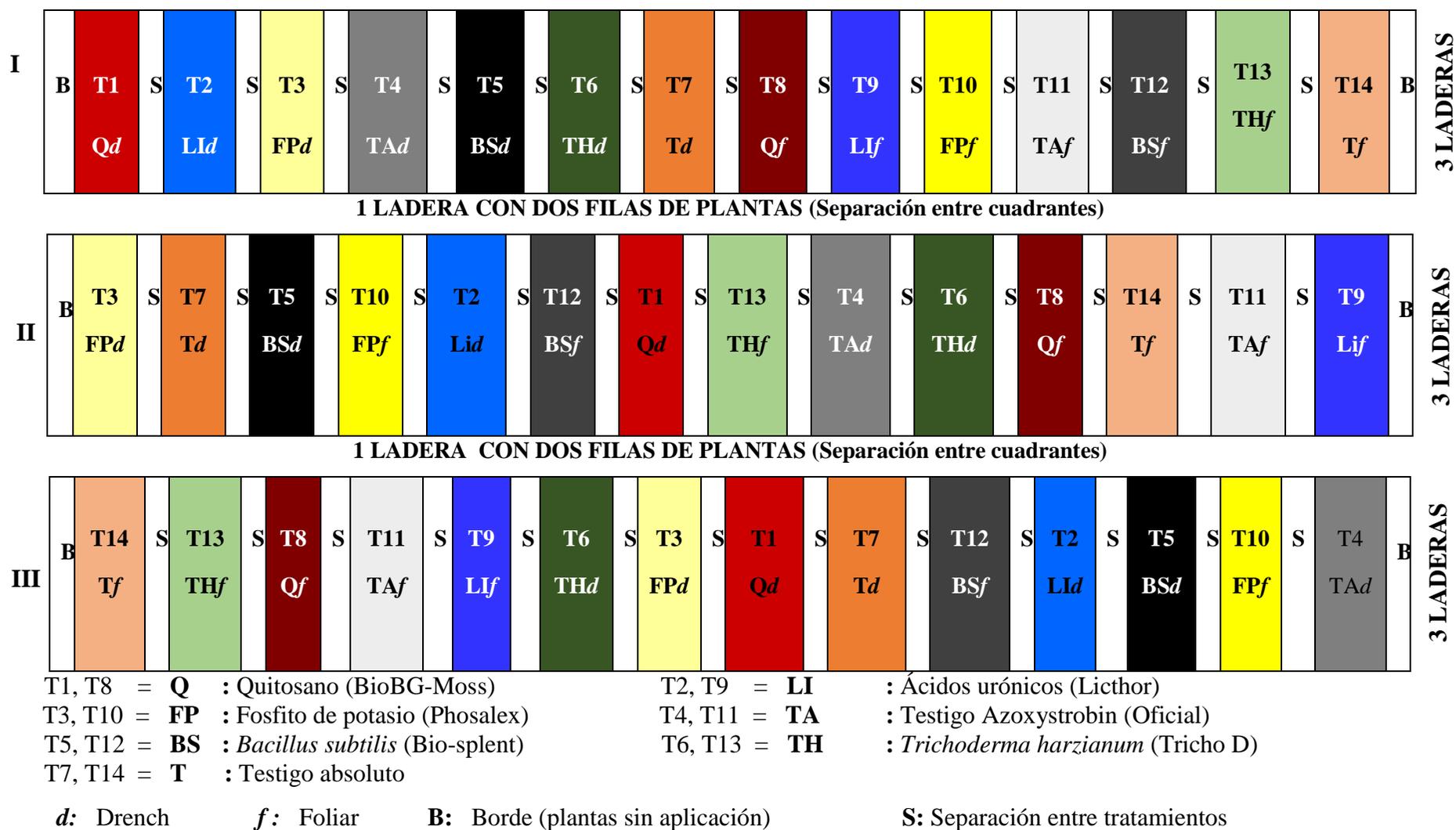


Figura 7: Distribución de tratamientos y bloques del campo experimental para el control de la mancha necrótica de la tuna, Tarata, 2017.

3.4.7 Medición de severidad de la mancha necrótica en cladodios de tuna

Las evaluaciones de severidad de la enfermedad al igual que la incidencia, se llevaron a cabo en 15 oportunidades después de la primera aplicación de los productos comerciales en estudio; con una frecuencia de siete días, desde el 24 de setiembre hasta el 31 de diciembre en cada planta.

La evaluación se realizó en un cladodio maduro del estrato medio o superior de la planta según Hernández *et al.* (2014) midiendo el porcentaje del cladodio afectado, por estimación visual directa utilizando una escala diagramática de grados con valores que oscilan entre 0 y 100 por ciento, de elaboración propia (Cuadro 4 y Figura 8).

La severidad de la enfermedad en cada planta se registró como el promedio ponderado de la severidad (P) del área afectada del cladodio y se estimó mediante la fórmula, según Abo *et al.* (2014):

$$P = [\sum (n \times v) / gm \times N] \times 100$$

Donde *n* es el número de cladodios por cada clase en la escala, *v* es el valor numérico de cada clase, *N* es el número total de cladodios examinados y *gm* es el grado mayor (valor numérico más alto constante).

Cuadro 4: Escala para la evaluación de severidad de la mancha necrótica en cladodios de Tuna (*Opuntia ficus - indica*).

Grado	Punto medio	% de área de hoja infectada
0	0	Sin infección
1	6	1 – 10
2	16	11 – 20
3	26	21 – 30
4	36	31 – 40
5	46	41 – 50
6	76	51 – 100

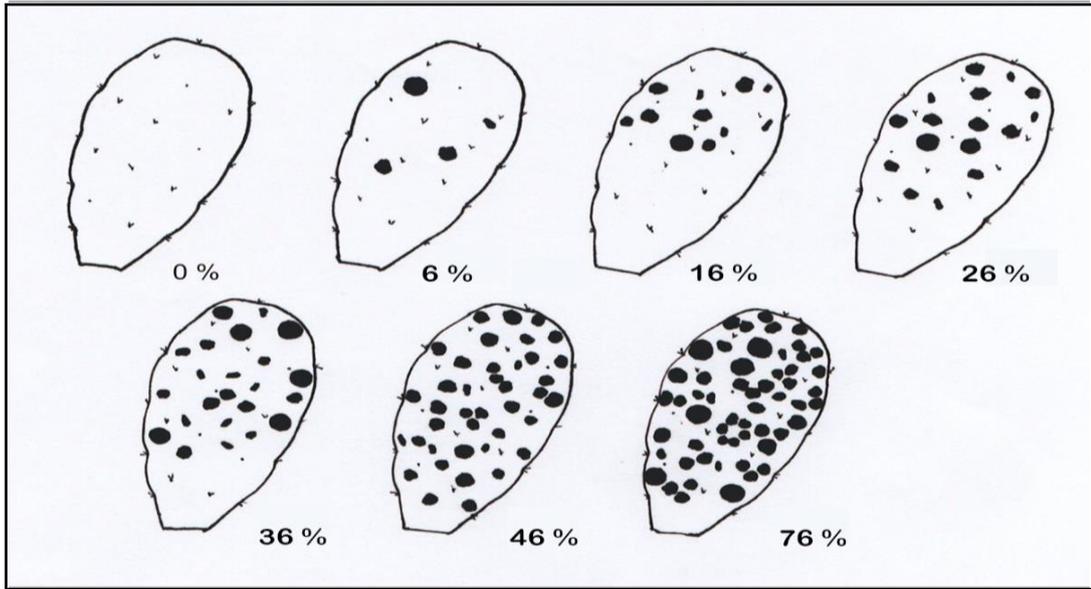


Figura 8: Escala diagramática para evaluar la severidad de la mancha necrótica en cladodios de Tuna.

3.4.8 Datos meteorológicos

Los datos de temperatura y humedad relativa para los días de evaluación de la incidencia y severidad fueron registrados de la estación meteorológica de Tarata, tipo EMA (Estación Meteorológica Automática) (Aybar *et al.* 2017).

3.4.9 Estimación del área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE)

La efectividad de los productos comerciales ensayados se evaluó con el ABCPE. Este parámetro incorpora la velocidad de avance de la enfermedad y la severidad en un solo valor (acumulación de los valores diarios del porcentaje de infección interpretados directamente sin realizar ninguna transformación). El ABCPE se calculó a partir de los valores de severidad de la enfermedad de acuerdo a la fórmula siguiente (McGovern, citado por Guillen 2017):

$$\text{ABCPE} = \sum_i^n [(y_{i+1} + y_i)/2] [t_{i+1} - t_i]$$

Donde n es el número total de evaluaciones, y_i es la severidad en la observación i y $t_{i+1} - t_i$ es el tiempo en días entre dos lecturas.

3.5 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS

Los análisis estadísticos sobre los datos de incidencia (I), severidad (P) y ABCPE se realizaron en el programa R (R Core Team 2021), considerando un nivel de significancia estadística del 5% ($\alpha = 0,05$).

Se elaboraron modelos lineales teniendo en cuenta como variable respuesta cada uno de los índices (I, P, ABCPE) y como variables predictoras los productos con acción bioestimulante y biofungicida (factor Producto), la vía de aplicación (factor Vía) y los días de la evaluación de incidencia y severidad después de la primera aplicación (factor Día). Se probaron los supuestos de normalidad y homocedasticidad sobre los residuales de los modelos mediante las pruebas de Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) del paquete *nortest* (Gross & Ligges 2015) y de Breusch-Pagan del paquete *car* (Fox & Weisberg 2021), respectivamente. Ante el no cumplimiento de los supuestos por parte de los índices de I y P se procedió a realizar la transformación $\arcsen((X/100)^{1/2})$ a sus valores; mientras que se aplicó el logaritmo en base 10 para las estimaciones de ABCPE. El índice de ABCPE transformado cumplió sendos supuestos de modo que se procedió a realizar un análisis de varianza factorial (ANOVA). Al encontrarse interacciones significativas entre los factores se realizaron comparaciones entre pares de tratamientos para cada tipo de vía de aplicación mediante una prueba de Tukey, disponible en el paquete *emmeans* (Lenth 2021).

Tras el no cumplimiento reiterado de los supuestos de normalidad y homocedasticidad por los índices de I y P transformados, se procedió a realizar un análisis de varianza factorial no paramétrico mediante una transformación de rangos alineados (ARTanova) sobre los valores de I y P, disponible en el paquete *ARTool* (Kay *et al.* 2021). Debido a la presencia de interacciones significativas de segundo y tercer orden entre los predictores de dichos modelos, se procedieron a realizarse pruebas de Kruskal-Wallis (KW) para comparar los índices de I y P entre tipos de producto respecto a cada día de evaluación semanal después de la primera aplicación (del 7 al 105) y cada vía de aplicación (Drech y Foliar). Para todos los casos en los que se obtuvieron diferencias significativas en la prueba de KW se realizaron comparaciones pareadas de rangos entre los tipos de producto mediante la prueba de Nemenyi, disponible en el paquete *PMCMR* (Pohlert 2018).

IV. RESULTADOS

4.1 DESCRIPCIÓN DE SÍNTOMAS EN CAMPO

Los síntomas encontrados en las plantas de tuna infectadas, en Tarata, se caracterizaron por una mancha plateada (gris) ligeramente convexa, de forma subsférica que posteriormente se aplanaba, de 11-12 x 13-15 mm de diámetro limitada por un anillo pajizo que predomina en pencas adultas (Figura 9). Sin embargo, se pudo observar algunas manchas que tuvieron como medidas extremas 10 mm y 17 mm de diámetro y manchas pequeñas de color verde claro, marrón claro, café oscuro y negras con margen marrón claro a pajizo en el mismo cladodio. Por otra parte, en algunos cladodios se observó coalescencia de las manchas abarcando en algunos casos hasta el 70 por ciento de la superficie de la cara inferior de los cladodios basales.



Figura 9: Cultivo de tuna con síntoma de mancha necrótica, Tarata, Tacna.

4.2 FASE DE LABORATORIO E INVERNADERO

La exposición de las muestras en cámara húmeda permitió el desarrollo micelial a partir de las conidias producidas dentro de cada conidioma picnidial sobre la lesión favorecida por la humedad de la cámara (Figura 10).

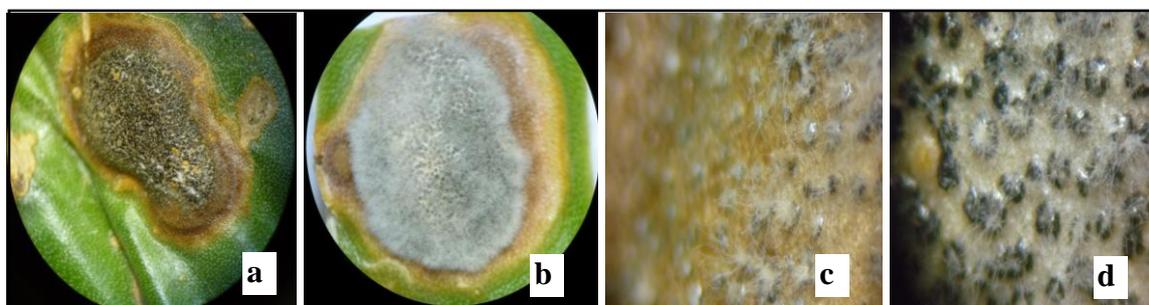


Figura 10: Picnidios y desarrollo micelial sobre la lesión en los cladodios en cámara húmeda, observados al estereoscopio. a), picnidios negros. b), desarrollo de micelio. c) y d), detalle de la formación de micelio blanco grisáceo de cada picnidio.

4.2.1 Aislamiento y purificación de los hongos asociados a la mancha necrótica

Como resultado de las 5 colectas de cladodios de tuna con síntomas característicos, se obtuvo un total de 12 aislamientos morfológicamente diferentes codificados como A1 – A12 (Figura 11). A estos aislamientos se les evaluó su capacidad patogénica en invernadero y su identificación morfológica a nivel de especie en el laboratorio. Los aislamientos A3 y A5 estuvieron presentes en el total de muestras procesadas, A4 en el 80 por ciento, A2 en el 14,3 por ciento y A1 sólo en el 2,9 por ciento de las muestras. Mientras que los aislamientos A6, A7, A8, A9, A10, A11 y A12 estuvieron presentes en el 6 por ciento de las muestras.

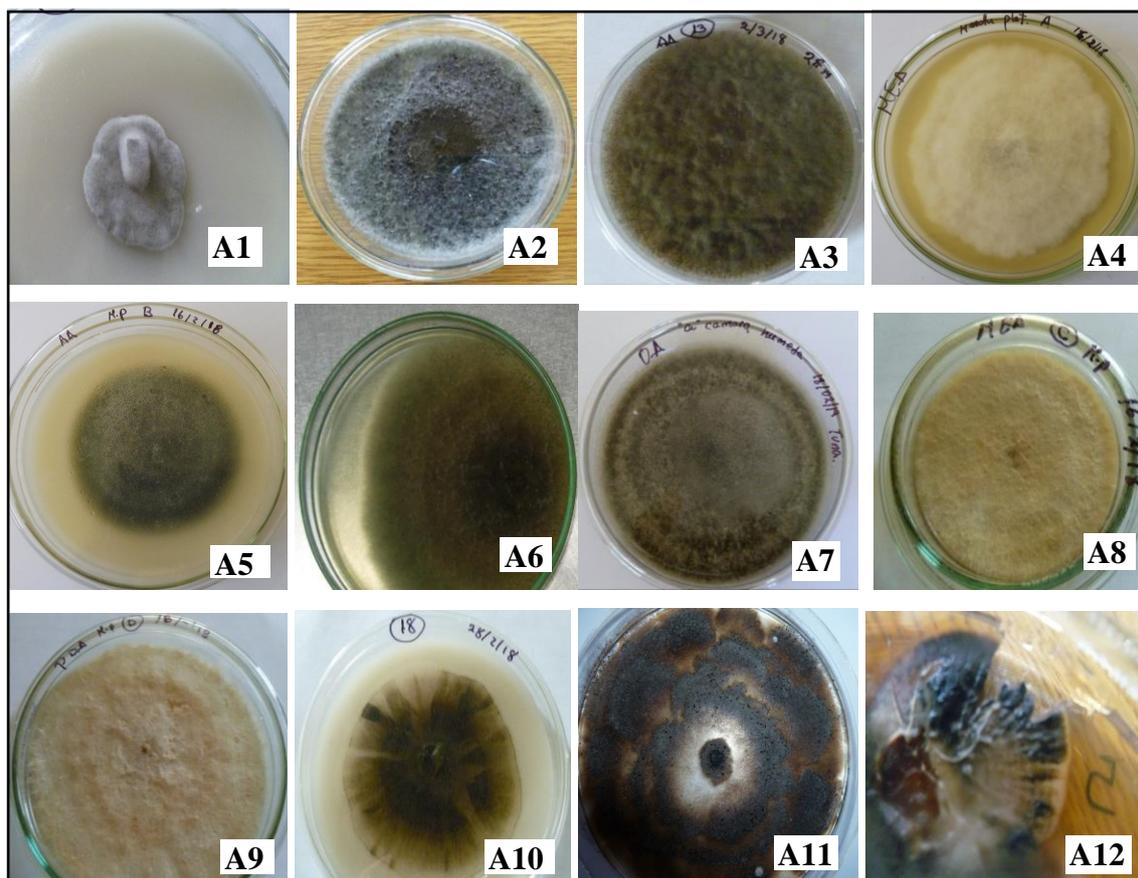


Figura 11: Aislamientos obtenidos de lesiones de mancha necrótica de cladodios de tuna, Tarata, Tacna. (A1- A12 de izquierda a derecha).

4.2.2 Patogenicidad de los hongos aislados

Las pruebas de patogenicidad realizadas a los doce aislamientos demostraron que dos aislamientos, el A3 y A5 tuvieron la capacidad de producir lesiones idénticas a las observadas en campo y; los aislamientos A4 y A2 produjeron lesiones circulares más grandes de color marrón oscuro y negro, respectivamente. El resto de aislamientos no produjeron lesiones.

Los síntomas iniciales producidos por los aislamientos A3 y A5 se presentaron 75 días después de la inoculación. En 30 días adicionales ocurrieron cambios en los síntomas. Las lesiones iniciaron como una mancha pequeña, convexa, de forma irregular con decoloración de la cutícula de color verde claro, que aumenta de tamaño cambiando de color al negro plateado, y una superficie ligeramente convexa, con margen marrón claro. Posteriormente, la mancha se tornó más oscura, de superficie aplanada y con borde pajizo. Las lesiones alcanzaron un tamaño de 10 x 12 mm de diámetro al final del ciclo de

infección. Simultáneamente a la infección y colonización del hongo se observó deshidratación del cladodio (Figura 12).

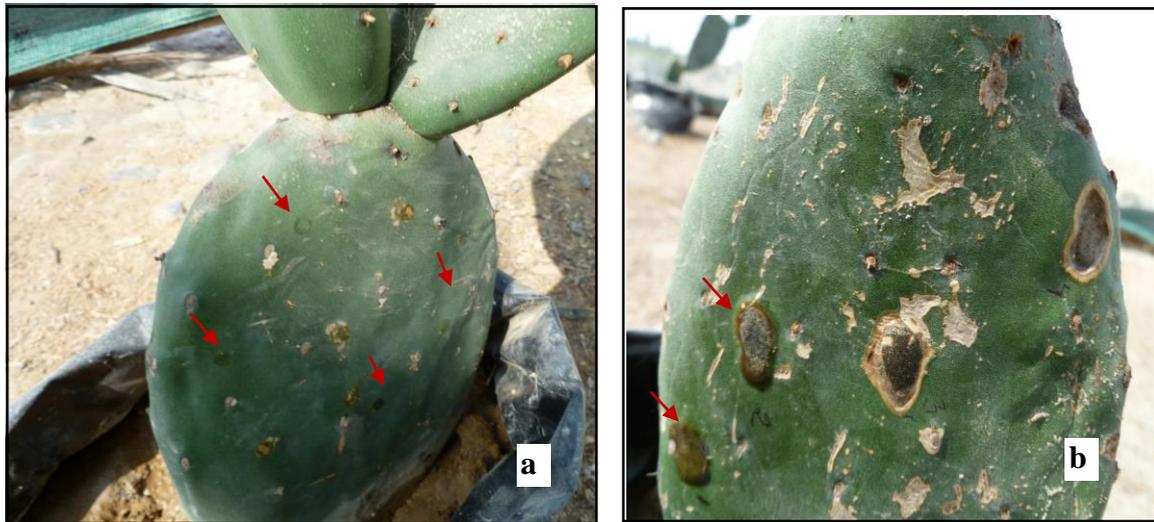


Figura 12: Síntomas observados en la prueba de patogenicidad. a) control, b) lesión inicial de color verde de superficie convexa tornándose a negro gris de borde marrón (flecha) y luego aplanado de borde pajizo.

4.2.3 Caracterización morfológica

Las características morfológicas culturales y microscópicas de los aislamientos con capacidad patogénica sobre los cladodios de tuna en la prueba de patogenicidad: Aislamiento 3 (A3), Aislamiento 5 (A5), Aislamiento 4 (A4) y Aislamiento 2 (A2), se muestran en las Figuras del 13- 20 y Cuadro 5.

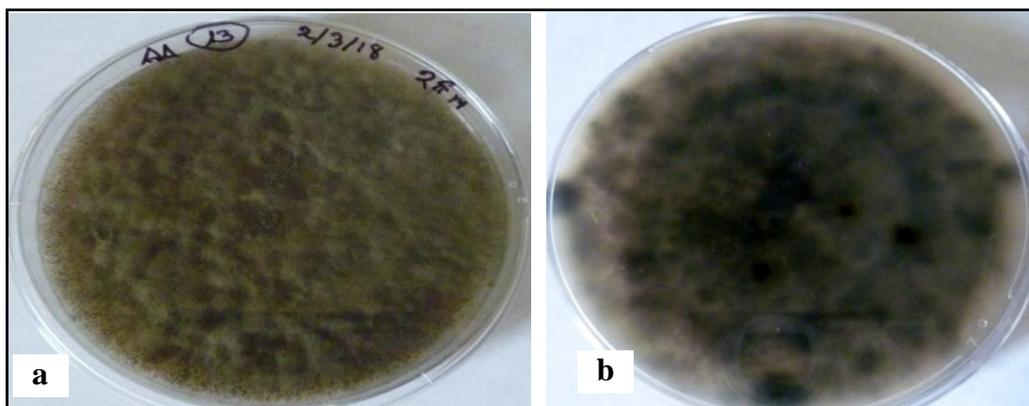


Figura 13: Características culturales del Aislamiento 3 (A3) en medio de cultivo Agar Avena (OA). a) superficie, b) reverso.

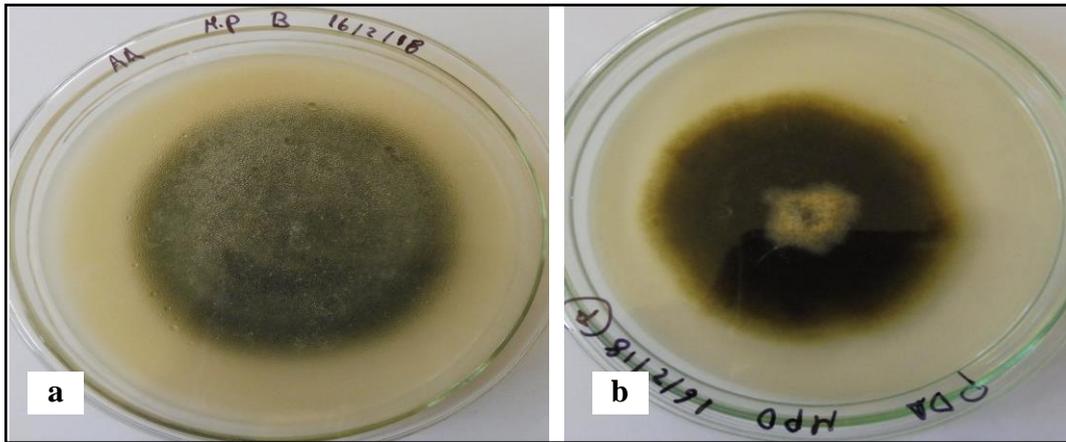


Figura 14: Características culturales del Aislamiento 5 (A5). a) superficie en Agar Avena, b) superficie en Agar Papa Dextrosa.

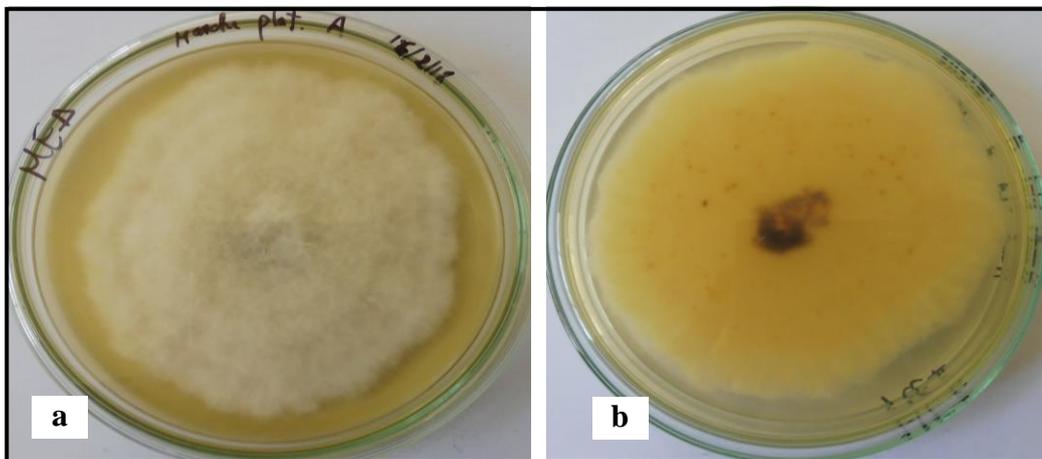


Figura 15: Características culturales del Aislamiento 4 (A4) en Agar Extracto Malta. a) superficie, b) reverso.

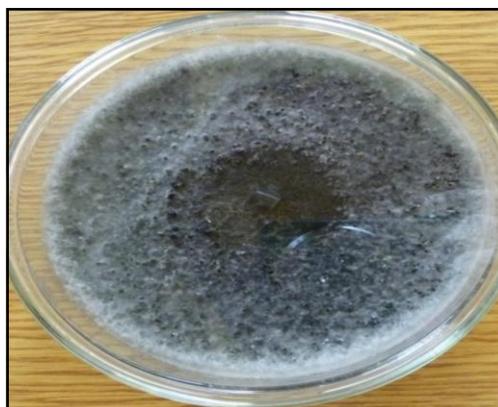


Figura 16: Características culturales del Aislamiento 2 (A2) en Agar Papa Dextrosa, superficie.

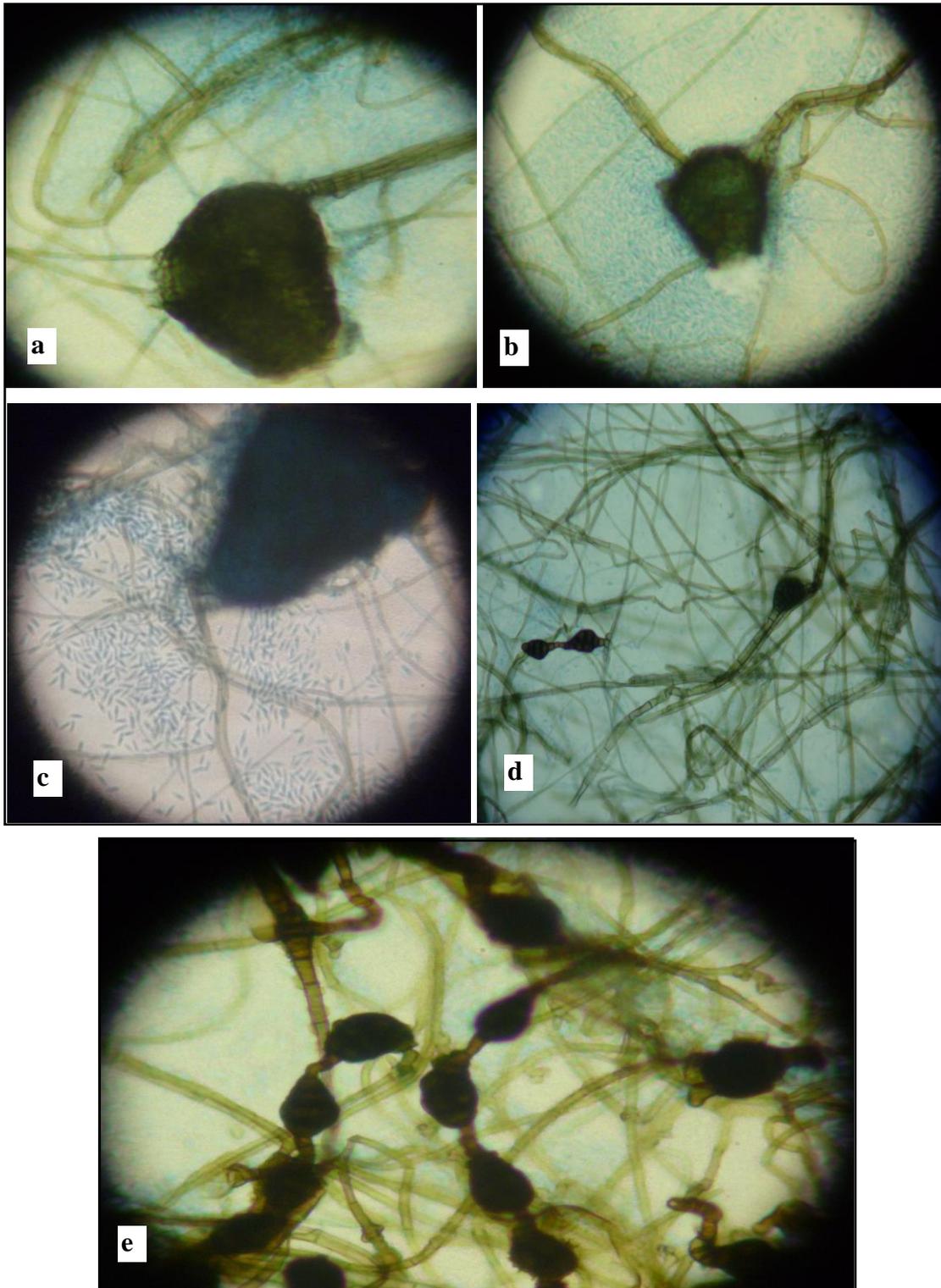


Figura 17: Características microscópicas del Aislamiento 3 (A3). a y b) picnido globoso ampuloso, c) picnidio y conidias, d y e) dictioclamidospora en cadenas.

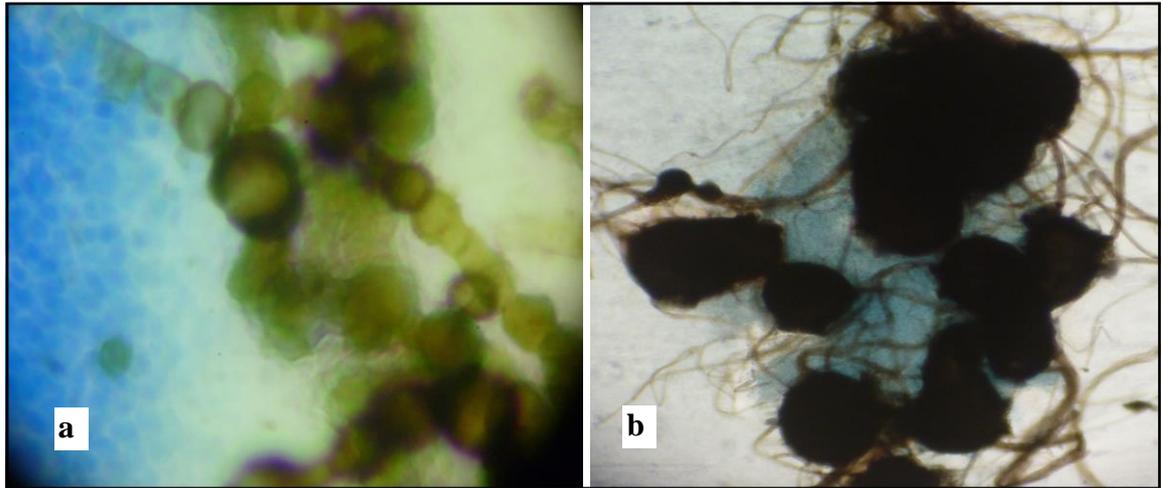


Figura 18: Características microscópicas del Aislamiento 5 (A5). a) (40X) micropicnidios marrón, globoso y clamidosporas ocre, unicelulares, globosas, en cadenas, b) (10X) picnidio agregado, globoso a alargado, negro, glabro.

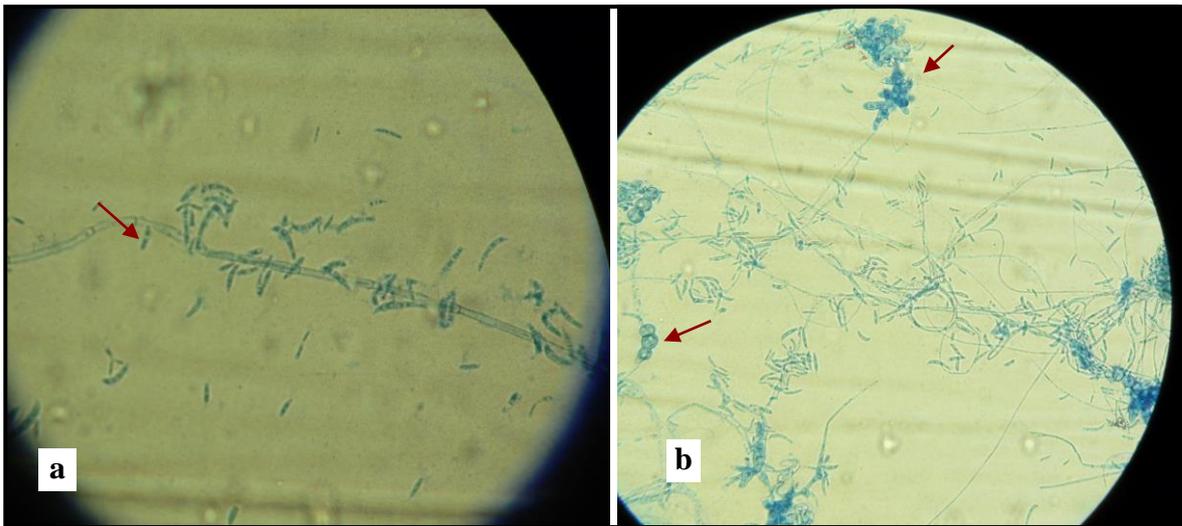


Figura 179: Característica microscópica del Aislamiento 4 (A4) (10X): a) hifa septada y macroconidias mayormente con 1 septa media, b) clamidosporas en cadenas y grupos irregulares.

Las características morfológicas culturales y microscópicas de los aislamientos asociados a la enfermedad, que no presentaron capacidad patogénica sobre los cladodios de tuna en la prueba de patogenicidad, se muestran en la Figura 21, 22, los cuales fueron los aislamientos codificados como: A1, A6, A7, A8, A9, A10, A11 y A12.

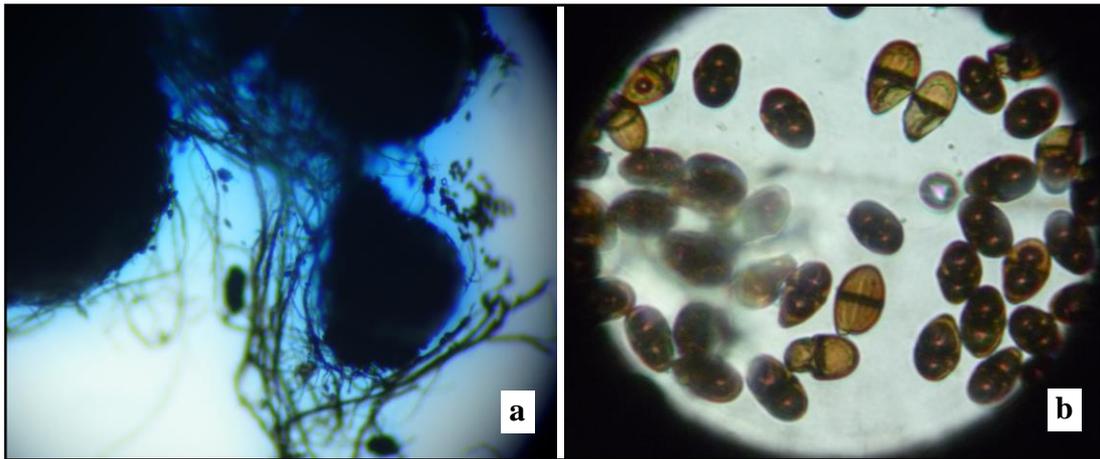


Figura 2018: Morfología microscópica del Aislamiento 2 (A2). a) (10X), picnidio agregado, negro, ostiolado, b) (40 x), conidia subovoide, marrón, 1 septa, longitudinalmente estriado.

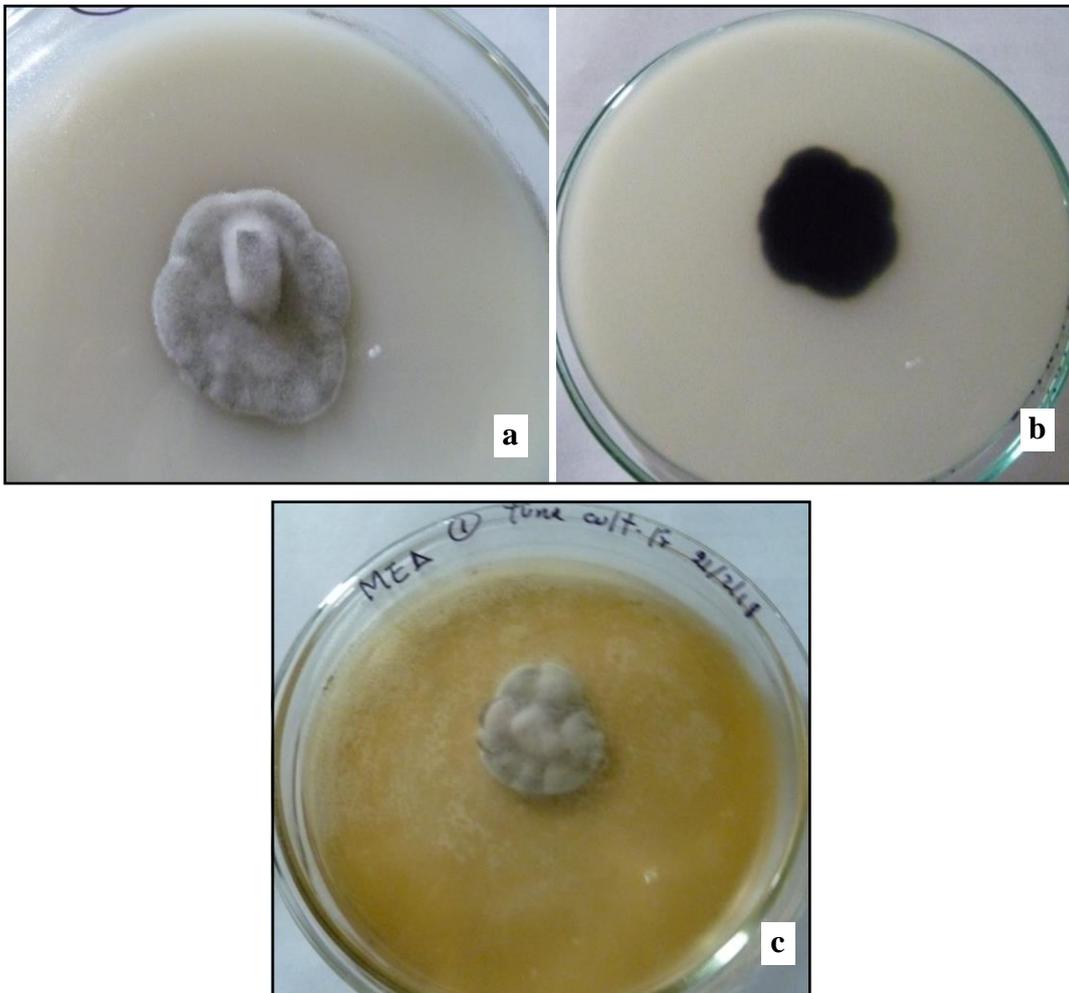


Figura 21: Características culturales del aislamiento 1 (A1). a) en OA, colonia gris oscura, aterciopelada, plana, borde lobulado, b) reverso negro, c) en MEA, colonia verde grisácea.

Cuadro 5: Características morfológicas de los aislamientos con capacidad patogénica en cladodios de tuna.

Aislamientos	Características culturales	Características microscópicas
A2	En PDA, colonia algodonosa, moderadamente densa, blanco inicialmente, gris olivo a los 7 días y después negro.	Picnidio agregado, negro, de 290 μm de diámetro, errumpente a la madurez. Conidio subovoide, de 22,5 x 13 μm , ápice ampliamente redondeado, al inicio hialino y sin septa, luego marrón oscuro, de paredes gruesas con un septo y estriaciones longitudinales.
A3	En OA, colonia lanosa, verde oliva de 50 mm diámetro en 7d. Reverso marrón oscuro.	Picnidios pequeños y grandes, 75 x 70,6 μm y 75 x 140 μm , glabro, subgloboso y obpiriforme, marrón y marrón negruzco. Conidia unicelular, elipsoide, hialino, 6 x 2 μm . Dictioclamidoporas obpiriforme, liso al inicio luego verrugoso, marrón oscuro en cadenas simples.
A4	En MEA, colonia algodonosa, blanca, de 55 mm diam en 7 d. Después viró a canela claro y reverso amarillo claro con centro pardo oscuro.	Macroconidias 18 x 3 μm mayormente con 1 septo medio. Microconidia alantoides con extremos redondeados. Clamidoporas globosas, 5 μm , en cadenas y grupos irregulares.
A5	En OA, colonia marrón grisácea en el centro y verde olivácea en el borde, 40 mm diam en 7 días, borde entero y liso.	Picnidio globoso, negro, 160 x 150 μm , abundante micropicnidio y clamidosporas 6,5 μm , globosas, unicelulares, en cadenas

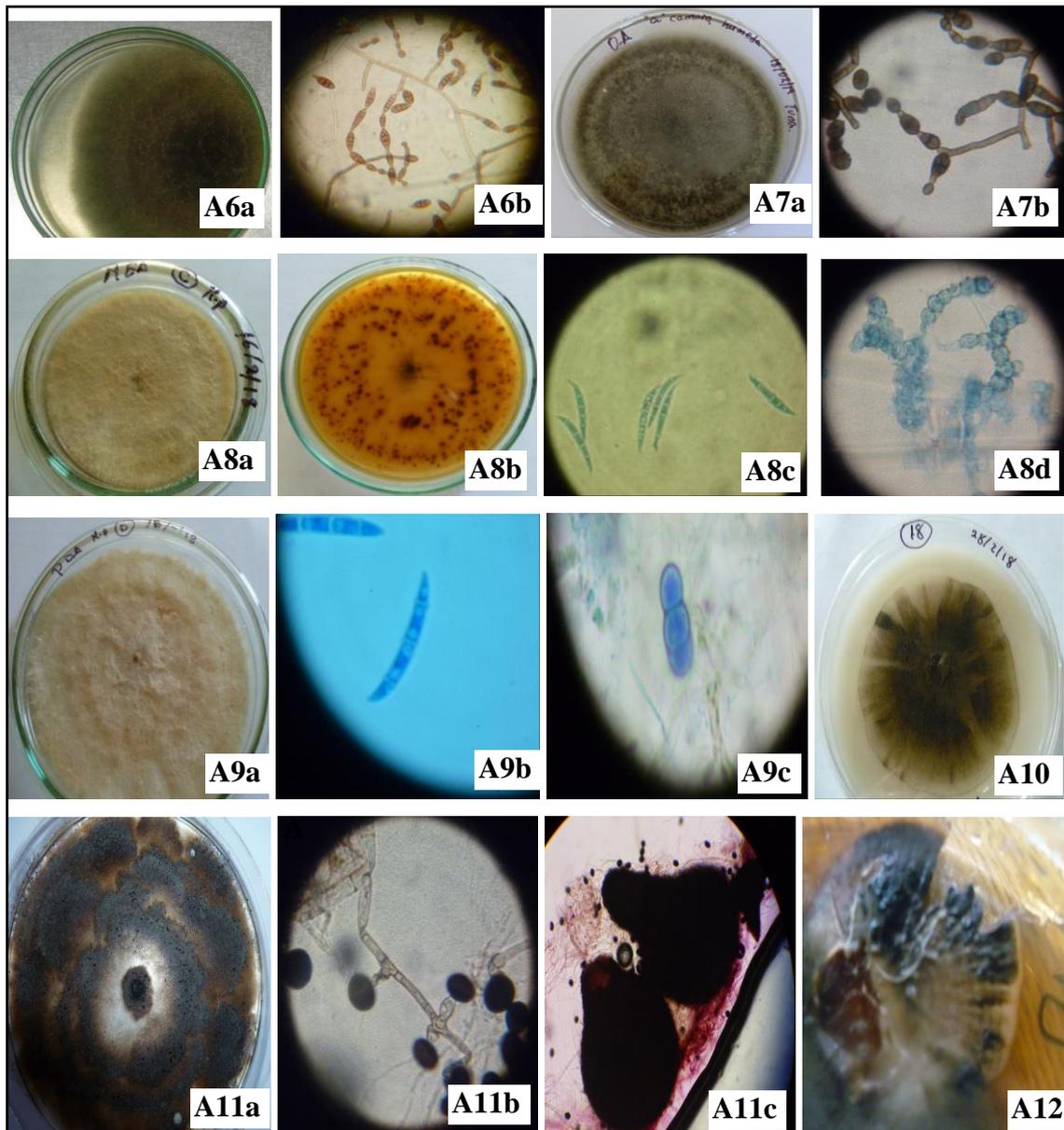


Figura 22: Morfología de Aislados no patogénicos (A6-A12). A6 a) colonia aterciopelada verde oliváceo, b) dictiospora obpiriforme marrón claro en cadenas y conidióforo recto simple. A7 a) colonia aterciopelada café, b) conidióforo simpodial y conidias obovoides marrón oscuro en cadenas. A8 a) colonia amarillo claro, algodonoso, b) reverso naranja con puntos pardos, c) macroconidia 3-5 septas, d) clamidosporas verrucosas en cadenas. A9 a) colonia algodonosa beige, b) macroconidia con 3 septas, c) clamidosporas en cadenas. A10) reverso colonia inmersa, sectorizada, verde oliva oscuro. A11 a) colonia algodonosa gris oscura, anillos concéntricos, b) hifa septada, gris, conidióforo corto (célula ampulliforme) y conidia esférica negro azabache, c) peritecio negro ostiolado, agregados. A12), colonia negra, con sectores beige cremosa, membranosa, inmersa.

4.2.4 Identificación morfológica de los aislamientos

Los resultados obtenidos de la caracterización morfológica permitieron identificar a los aislamientos. Los aislamientos 2, 3, 4, 5, 6, y 11 se identificaron hasta especie y los aislamientos 7, 8 y 9 hasta género. Los aislamientos 1, 10 y 12 no produjeron esporas o si produjeron, no fue posible su identificación. Las especies identificadas morfológicamente se muestran en el cuadro 6, 7 y 8.

Cuadro 6: Identificación morfológica de los aislamientos con capacidad patogénica.

Aislamientos	Especie
A2	<i>Lasiodiplodia theobromae</i>
A3	<i>Didymella glomerata</i>
A4	<i>Fusarium lunatum</i>
A5	<i>Didymella microchlamydospora</i>

Cuadro 7: Identificación morfológica de los aislamientos sin capacidad patogénica.

Aislamientos	Especie/género
A6	<i>Alternaria alternata</i>
A7	<i>Alternaria</i> sp.
A8	<i>Fusarium</i> sp. 1
A9	<i>Fusarium</i> sp. 2
A11	<i>Nigrospora oryzae</i>

Cuadro 8: Aislamientos no identificados

Aislamientos	Estructuras observadas
A1	Hifas de 4 µm diámetro, color gris
A10	Hifas de 4 µm diámetro, color verde oliva
A12	Células elipsoides, ovoides, oblongos, unicelulares hialinas y células bicelulares verde oscuro, elipsoide con constricción central

4.3 FASE DE CAMPO

4.3.1 Datos meteorológicos

Los datos meteorológicos del periodo de evaluación de los parámetros de incidencia y severidad comprendido entre el 24 de setiembre al 31 de diciembre de 2017 tuvieron las siguientes características: temperatura media de 12,8 °C, con un máximo de 15,4 °C y un mínimo de 10,5 °C; humedad relativa media de 43,1%, con un máximo de 74,1 por ciento y un mínimo de 21 por ciento (Figura 23). Estos parámetros estuvieron entre los rangos que permiten el desarrollo de los hongos en general.

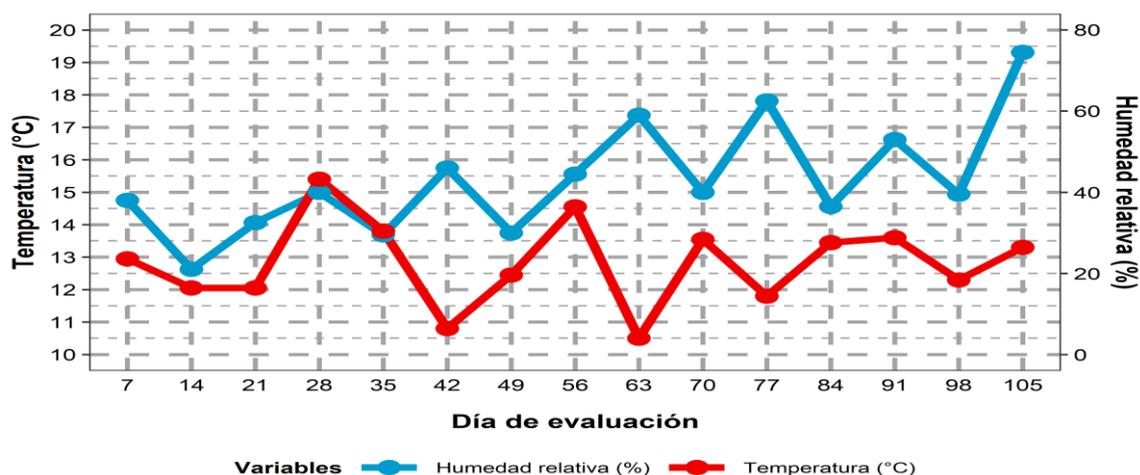


Figura 23: Curva de variación de temperatura (°C) y humedad relativa (%) durante el periodo de evaluación de Incidencia y Severidad entre el 24 de setiembre y 31 de diciembre de 2017, Tarata.

4.3.2 Estimación del porcentaje de incidencia de la mancha necrótica

De acuerdo al análisis de variancia (ARTanova) (Anexo1), la prueba de Kruskal-Wallis y la prueba de Nemenyi (Figura 24, 25 y Cuadro 9) a un nivel de significancia de 0,05; la aplicación de los productos con actividad bioestimulante y biofungicida por Vía Drench mostró diferencias estadísticas para el porcentaje de incidencia.

El porcentaje de incidencia hasta el día 14 DDA ha tenido un valor intermedio para cada tratamiento, valores que oscilaron entre 32,4 por ciento y 55,7 por ciento. A partir de los 21 días, se observó un incremento en su valor, en el testigo, de 58,2 a 88,5 por ciento y; una disminución del porcentaje de incidencia en todos los tratamientos, con valores de 55,8 a 53,1 por ciento para el testigo azoxystrobin; de 49,5 a 44,4 para lichthor; de 43,7 a 32,7 para

el quitosano; de 41,2 a 35,9 para *Bacillus subtilis*, de 34 a 31,8 para *Trichoderma harzianum* y de 32,1 a 29,3 por ciento para el fosfito de potasio (Figura 24).

A los 21 DDA por vía drench de los productos ensayados hasta el día 105, el fosfito de potasio y el testigo absoluto, mostraron diferencias significativas, sin embargo, los tratamientos azoxystrobin, lichthor, quitosano, *Bacillus subtilis* y *Trichoderma harzianum* no exhibieron diferencias estadísticas, entre ellos, con el testigo ni con el tratamiento fosfito de potasio. A lo largo de los días de evaluación el fosfito de potasio exhibió un bajo porcentaje de incidencia y a los 105 DDA mostró un valor de 29,3 por ciento. El testigo mostró el valor más alto de 88,5 por ciento (Figura 24).

Por otra parte, la aplicación de estos productos por vía foliar no mostró diferencias estadísticas para el porcentaje de incidencia durante el periodo de evaluación, excepto a los 63 DDA, en la que el fosfito de potasio y el testigo mostraron diferencias significativas, pero los tratamientos azoxystrobin, lichthor, quitosano, *Bacillus subtilis* y *Trichoderma harzianum* no mostraron diferencias estadísticas, entre ellos, con el testigo ni con el tratamiento fosfito de potasio. A los 63 DDA el menor porcentaje de incidencia se obtuvo en el tratamiento fosfito de potasio con un valor de 34,4 por ciento y el mayor porcentaje en el testigo con un valor de 73,3 por ciento (Figura 25).

Estos resultados indican que el fosfito de potasio aplicado por vía drench fue el único tratamiento con diferencia estadística con el testigo, que causó disminución del porcentaje de incidencia a lo largo de los días de evaluación a partir de los 21 días hasta el día 105 DDA con valores de 32,1 por ciento y 29,3 por ciento respectivamente.

Los valores del porcentaje de incidencia con el tratamiento fosfito de potasio y el testigo se muestran en el Cuadro 9.

Cuadro 9: Comparación de las medias del porcentaje de incidencia de la enfermedad a lo largo de los días de evaluación como efecto del tratamiento fosfito de potasio y el testigo, mediante la prueba de Kruskal-Wallis, $\alpha = 0,05$, Tarata. 2017.

DDA	Porcentaje de incidencia			
	Testigo		Fosfito de potasio	
7	54,5		32,4	
14	55,7		32,4	
21	58,2	a	32,1	b
28	60,8	a	32,1	b
35	65,6	a	30,0	b
42	68,0	a	29,3	b
49	72,4	a	29,3	b
56	75,0	a	29,3	b
63	82,1	a	29,3	b
70	84,6	a	29,3	b
77	87,6	a	29,3	b
84	88,5	a	29,3	b
91	88,5	a	29,3	b
98	88,5	a	29,3	b
105	88,5	a	29,3	b

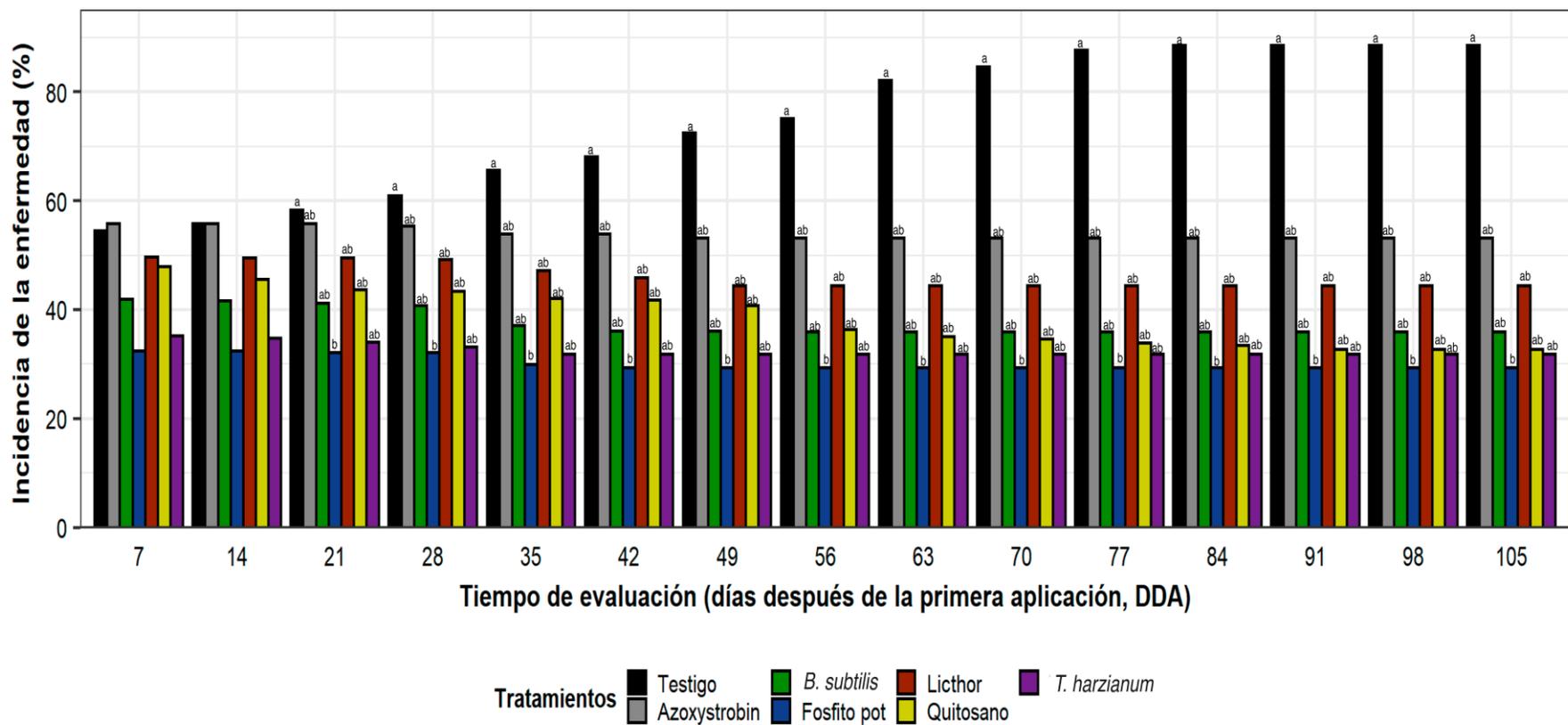


Figura 24: Porcentaje de Incidencia de la mancha necrótica de la tuna, variedad blanca, evaluado semanalmente después de la primera aplicación de los productos por vía drench, Tarata, 2017.

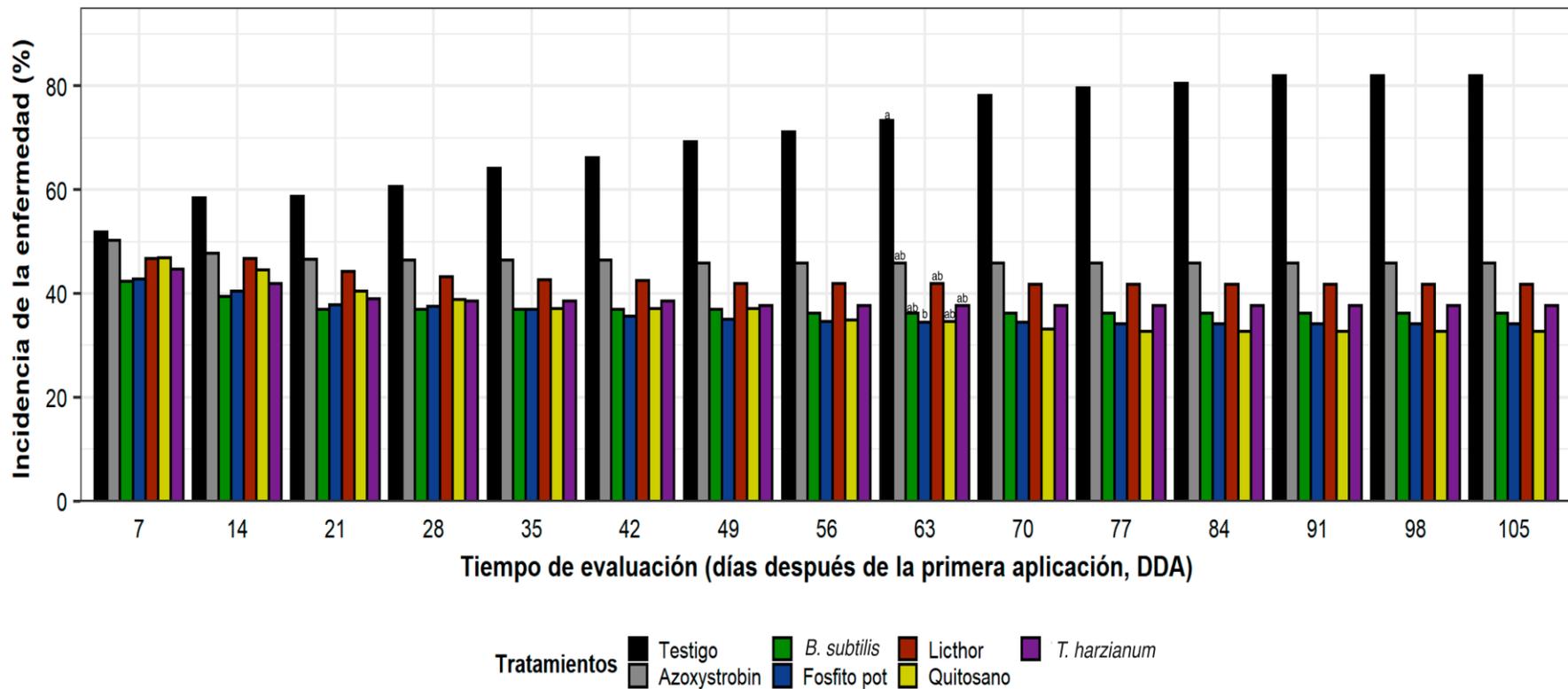


Figura 225: Porcentaje de Incidencia de la mancha necrótica de la tuna, variedad blanca, evaluado semanalmente después de la primera aplicación de los productos por vía foliar, Tarata, 2017.

4.3.3 Estimación del porcentaje de control de la mancha necrótica

De acuerdo al análisis de variancia (Anexo 2), y a la comparación de medias mediante la prueba de Tukey (Cuadro 10 y Figura 26) a un nivel de significancia de 0,05; la aplicación de los productos con actividad bioestimulante y biofungicida mostraron diferencias altamente significativas para el porcentaje del control de la enfermedad en términos de reducción de la incidencia, al final de la evaluación (105 DDA), según el tipo de producto aplicado; pero, sin diferencia significativa en la vía de aplicación ($p = 0,926$).

El tratamiento fosfito de potasio presentó el valor más alto del porcentaje de reducción de incidencia de la mancha necrótica con 68,3 por ciento, seguido de los tratamientos quitosano, *T. harzianum* y *B. subtilis* con valores de 67,3, 65,3 y 64 por ciento y no mostraron diferencias significativas entre ellos, pero si con el tratamiento azoxystrobin. Asimismo, el tratamiento lichthor mostró el valor de 57 por ciento de control de la enfermedad y azoxystrobin exhibió el valor más bajo de 50,6 por ciento mostrando que no hubo diferencia significativa entre ambos. Estos resultados con diferencias significativas nos sugieren que el tratamiento fosfito de potasio causa mayor reducción del porcentaje de incidencia de la enfermedad en un 68,3 por ciento al igual que el quitosano, *T. harzianum* y *B. subtilis* a los 105 DDA; a diferencia del tratamiento azoxystrobin que causa menor porcentaje de reducción de la incidencia de la mancha necrótica del tunal variedad blanca con un valor de 50,6 por ciento igual que el tratamiento lichthor en las condiciones del experimento.

Cuadro 10: Comparación de las medias del porcentaje de control de la mancha necrótica de la tuna, variedad blanca, prueba de Tukey con $\alpha = 0,05$ como efecto de los tratamientos, Tarata, 2017.

Tratamiento	Control de incidencia (%)
Fosfito de potasio	68,3 a
Quitosano	67,3 ab
<i>T. harzianum</i>	65,3 ab
<i>B. subtilis</i>	64,0 ab
Lichthor	57,0 bc
Azoxystrobin	50,6 c

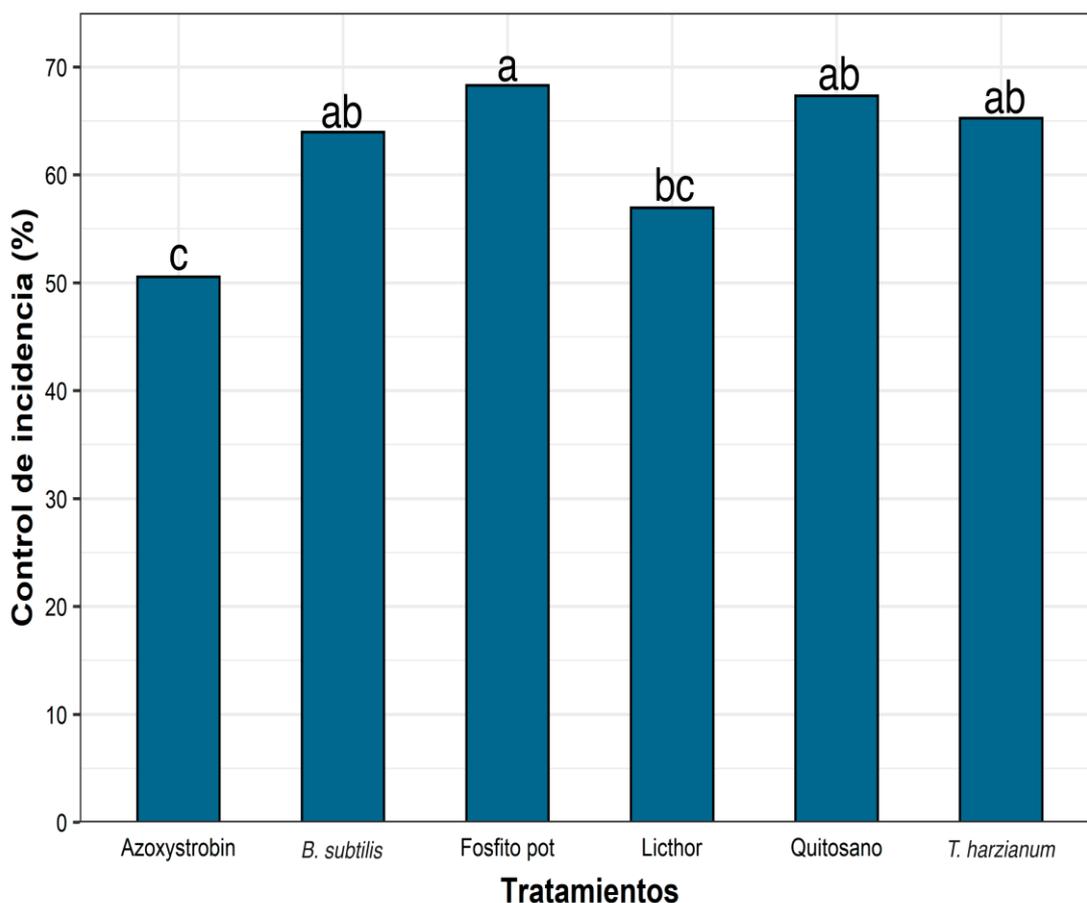


Figura 26: Comparación de las medias del porcentaje de control de la mancha necrótica de la tuna, variedad blanca, prueba de Tukey con $\alpha = 0,05$; como efecto de los tratamientos, Tarata, 2017.

4.3.4 Estimación del porcentaje de severidad de la mancha necrótica

De acuerdo al análisis de variancia (ARTanova) (Anexo3), la prueba de Kruskal-Wallis y la prueba de Nemenyi (Cuadro 11, Figura 27 y 28) a un nivel de significancia de 0,05; la aplicación de los productos con actividad bioestimulante y biofungicida por Vía Drench mostró diferencias estadísticas para el porcentaje de severidad.

El porcentaje de severidad a los días 7 DDA fue relativamente bajo para cada tratamiento cuando fueron aplicados por vía drench, con valores que oscilaron entre 13,5 y 18,8 por ciento. A partir de los 14 días hasta los 77 DDA, se observó un incremento en su valor, en el testigo; desde 19,4 a 49,5 por ciento y, a partir de los 84 DDA se mantuvo constante con un valor de 49,8 por ciento. En tanto que para el testigo azoxystrobin, desde los 7 hasta los 105 DDA, mostraron una ligera disminución en sus valores, excepto el 77 DDA que hubo

un incremento en su valor. Los valores del porcentaje de severidad para el azoxystrobin estuvieron entre 16,8 y 15,2 por ciento a los 7 y 105 DDA, respectivamente y 18,6 por ciento a los 77 DDA. Por otra parte, el porcentaje de severidad fue bajo para el tratamiento fosfito de potasio que mostró disminución en sus valores desde los 7 hasta los 105 DDA con valores de 13,5 y 10,6 por ciento, respectivamente. Asimismo, a partir de los 28 a los 105 DDA el tratamiento *T. harzianum* mostró disminución en sus valores con 13,3 y 11,3, respectivamente. De igual manera, desde el 91-105 DDA, el tratamiento quitosano mostró disminución en su valor con un 10,7 por ciento (Figura 27).

A partir de los 7 días hasta los 105 DDA, el fosfito de potasio mostró diferencia significativa con el testigo, pero no con los demás tratamientos. También, *T. harzianum* mostró diferencia estadística con el testigo a partir del 28, 42-63 y 77-84 DDA con valores entre 13,3-11,3 por ciento. Igualmente, el tratamiento quitosano exhibió diferencia significativa con el testigo a partir del 91-105 DDA con un valor de 10,7 por ciento; pero, ambos no mostraron diferencia con el fosfito de potasio (Figura 27 y Cuadro 11).

Asimismo, el porcentaje de severidad a los 7 DDA también fue relativamente bajo para cada tratamiento cuando fueron aplicados por vía foliar, con valores que oscilaron entre 13,2 y 19,6 por ciento. A partir de los 14 días hasta los 77 DDA, se observaron un incremento en su valor, en el testigo; desde 19,2 a 39,1 por ciento y, a partir de los 84 DDA hasta los 105 DDA se mostró constante con un valor de 40,5 por ciento. En tanto que para el testigo azoxystrobin, desde los 7 hasta los 105 DDA, mostraron una ligera disminución en sus valores. Los valores del porcentaje de severidad para el azoxystrobin estuvieron entre 16,2 y 15,0 por ciento a los 7 y 105 DDA, respectivamente. Por otra parte, el porcentaje de severidad fue bajo para el tratamiento *Bacillus subtilis* que mostró disminución en sus valores desde los 7 hasta los 105 DDA con valores de 14,9 y 12,7 por ciento, respectivamente. Sin embargo, sólo hubo diferencia significativa entre *Bacillus subtilis* y el testigo a partir de los 21 al 35 DDA y no mostró diferencia estadística entre los tratamientos (Figura 28).

Estos resultados indican que el fosfito de potasio aplicado por vía drench fue el único tratamiento que mostró diferencia estadística con el testigo y causó disminución del porcentaje de severidad a lo largo de los días de evaluación a partir de los 7 días hasta el día 105 DDA con valores de 13,5 por ciento y 10,6 por ciento respectivamente.

4.3.5 Análisis del área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE)

De acuerdo al análisis de variancia del modelo elaborado para el ABCPE (Anexo 4) y a la comparación de medias mediante la prueba de Tukey (Cuadro 12 y Figura 29) a un nivel de significancia de 0,05 existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos cuando la vía de aplicación de los productos fue por vía Drench.

En los tratamientos con aplicación por Vía Drench, el testigo presentó el valor ABCPE acumulados más alto de 3590, seguido de los tratamientos Azoxystrobin, *B. subtilis*, lichthor y quitosano con valores ABCPE de 1559, 1454, 1449 y 1337 respectivamente; mostrando diferencias significativas entre el testigo y cada uno de los tratamientos, pero sin diferencia estadística entre ellos. Asimismo, el tratamiento *T. harzianum* presentó el valor ABCPE de 1203 y fosfito de potasio tuvo el valor ABCPE más bajo de 1140 ambas mostrando diferencias significativas con el testigo, pero no entre ellos. Sin embargo, en los tratamientos con aplicación por Vía Foliar; el testigo presentó un valor del ABCPE de 2973, seguido del tratamiento Azoxystrobin, Quitosano, Lichthor, Fosfito de potasio, *T. harzianum* y *B. subtilis* con un valor ABCPE acumulado de 1559, 1491, 1485, 1354, 1353 y 1272 respectivamente, mostrando diferencias significativas entre el testigo y cada uno de los tratamientos, pero sin diferencia estadística entre ellos.

Estos resultados nos sugieren que los valores ABCPE en los tratamientos quitosano, lichthor, azoxystrobin, fosfito de potasio, *Trichoderma harzianum* y *Bacillus subtilis* fueron menores que el testigo en la que el fosfito de potasio y *T. harzianum* tuvieron mayor eficacia que el testigo Azoxystrobin. En tanto que, los tratamientos Quitosano, Lichthor y *B. subtilis* tuvieron igual eficacia que el Azoxystrobin cuando fueron aplicados por vía drench en el control de la mancha necrótica del tunal variedad blanca en las condiciones del experimento.

Cuadro 11: Porcentaje de Severidad de la mancha necrótica evaluado semanalmente después de la primera aplicación de los productos por vía Drench, Tarata, 2017.

Tratamiento	DDA	Severidad (Drench)	Severidad (Foliar)
Testigo	7	18,8 a	
Fosfito de potasio		13,5 b	
Testigo	14	19,4 a	
Fosfito de potasio		13,5 b	
Testigo	21	20,7 a	19.6 a
Fosfito de potasio		13,4 b	-----
<i>B. subtilis</i>			13,2 b
Testigo	28	24,4 a	21,5 a
Fosfito de potasio		13,4 b	-----
<i>T. harzianum</i>		13,3 b	-----
<i>B. subtilis</i>			13,1 b
Testigo	35	27,9 a	21,5 a
Fosfito de potasio		11,7 b	
<i>T. harzianum</i>		12,4 ab	
<i>B. subtilis</i>			
Testigo	42	29,7 a	13,1 b
Fosfito de potasio		11,5 b	
<i>T. harzianum</i>		12,4 ab	
Testigo	77	49,5 a	
Fosfito de potasio		10,6 b	
<i>T. harzianum</i>		11,3 b	
Testigo	84	49,7 a	
Fosfito de potasio		10,6 b	
<i>T. harzianum</i>		11,3 b	
Testigo	91	49,8 a	
Fosfito de potasio		10,6 b	
Quitosano		10,7 b	
Testigo	98	49,8 a	
Fosfito de potasio		10,6 b	
Quitosano		10,7 b	
Testigo	105	49,8 a	
Fosfito de potasio		10,6 b	
Quitosano		10,7 b	

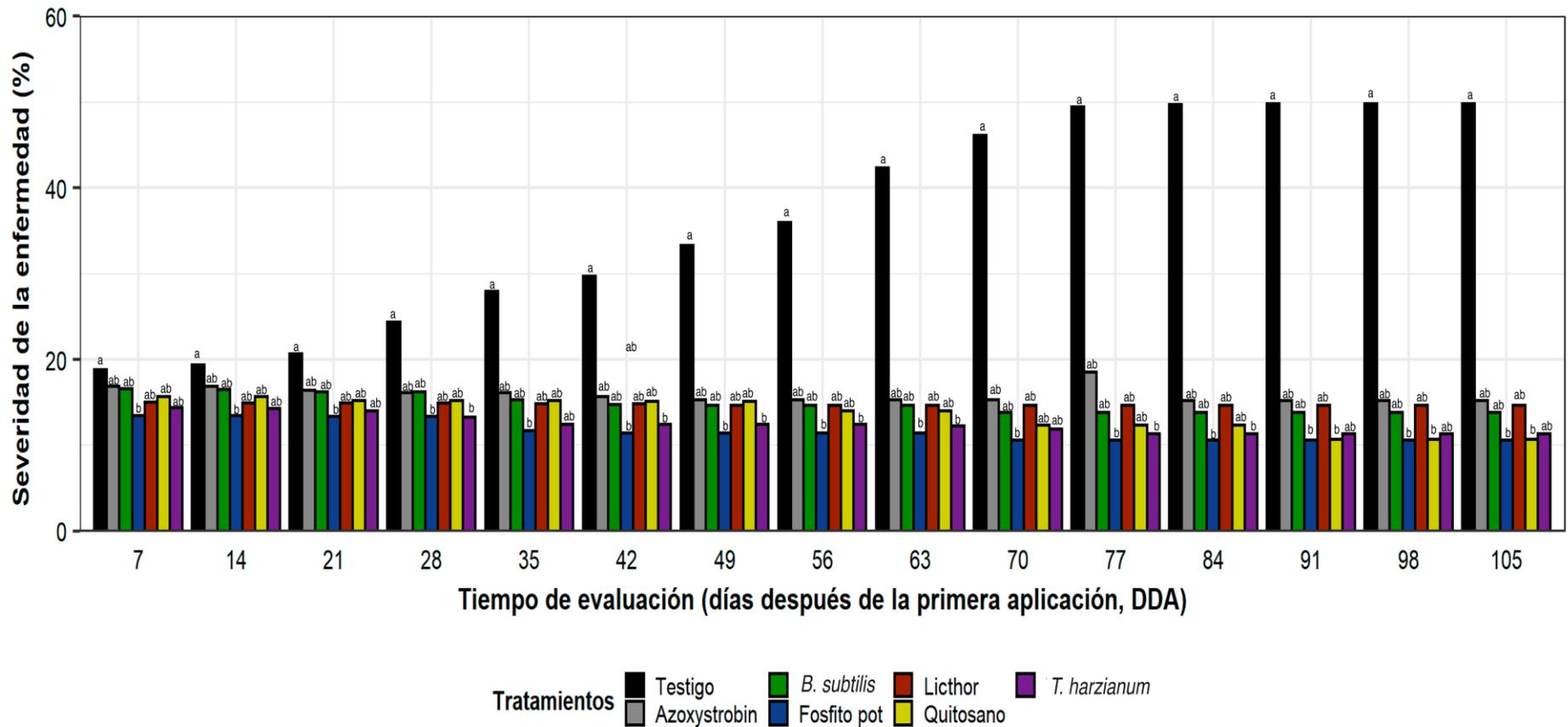


Figura 27: Porcentaje de Severidad de la mancha necrótica de la tuna, variedad blanca, evaluado semanalmente después de la primera aplicación de los productos por vía Drench, Tarata, 2017.

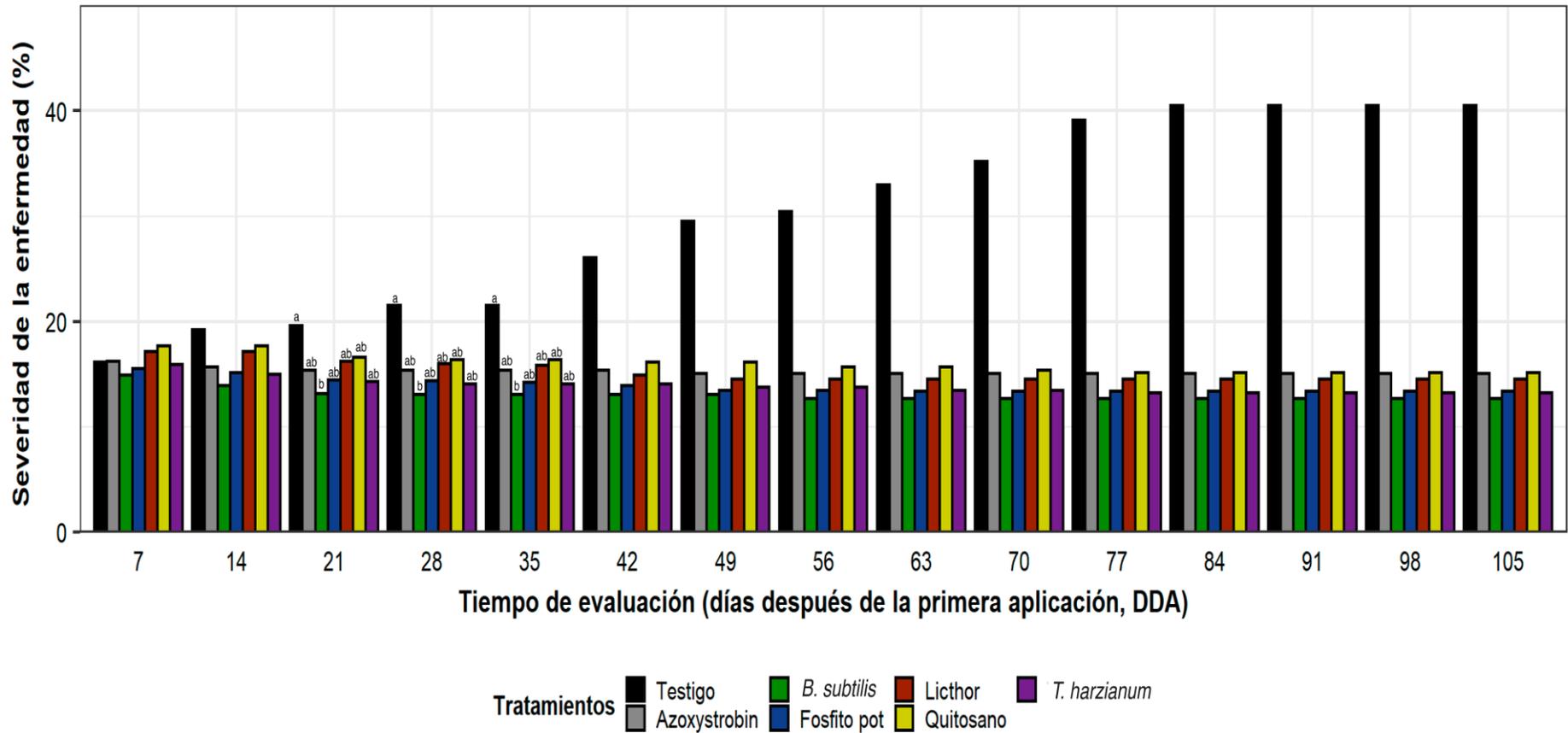


Figura 28: Porcentaje de Severidad de la mancha necrótica de la tuna, variedad blanca, evaluado semanalmente después de la primera aplicación de los productos por vía Foliar, Tarata, 2017.

Cuadro 12: Comparación de las medias del ABCPE mediante la prueba de Tukey, con $\alpha = 0;05$ como efecto de los tratamientos en el control de la mancha necrótica de la tuna, variedad blanca, Tarata, 2017.

Tratamiento	ABCPE (Drench)	ABCPE (Foliar)
Testigo absoluto	3590 a	2973 a
Azoxystrobin	1559 b	1491 b
<i>B. subtilis</i>	1454 bd	1272 b
Lichthor	1449 bd	1485 b
Quitosano	1337 bcd	1559 b
<i>T. harzianum</i>	1203 cd	1353 b
Fosfito de potasio	1140 c	1354 b

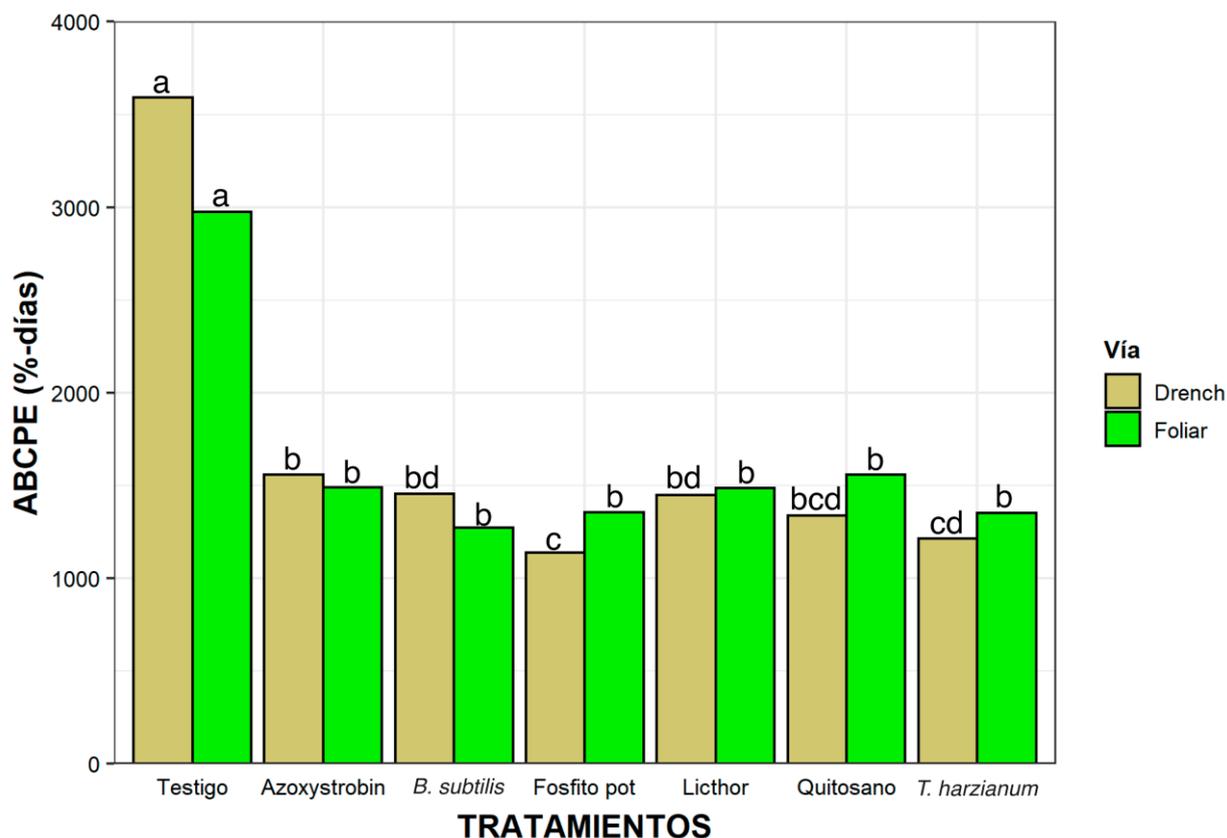


Figura 29: Comparación de las medias del ABCPE con $\alpha = 0,05$ como efecto de los tratamientos aplicados por vía foliar y drench en el control de la mancha necrótica de la tuna variedad blanca, Tarata, 2017.

V. DISCUSIÓN

La mancha necrótica plateada es la principal enfermedad fúngica que afecta a los cladodios de tuna, variedad blanca en Tarata, Tacna. Esta enfermedad se caracteriza por una mancha negra grisácea ligeramente convexa, de forma subsférica que luego se aplana, de 11-12 x 13- 15 mm, limitada por un anillo pajizo. En esta investigación se demostró la presencia de una diversidad de hongos asociados a la mancha plateada de la tuna, obtenidos de cladodios con síntomas típicos. De ellos, 12 aislamientos resultaron diferentes morfológicamente y 4 demostraron ser patógenos de cladodios de tuna.

La caracterización morfológica confirmada por la prueba de patogenicidad permitió identificar a las siguientes especies: *Didymella glomerata*, *Didymella microchlamidospora*, *Bisifusarium lunatum* y *Lasiodiplodia theobromae*, siendo este el primer reporte de estos patógenos en el cultivo de tuna en nuestro país. Resultados similares fueron obtenidos de manera independiente por *Laureano et al.* (2021) quienes reportaron a *Didymella glomerata* asociado a la costra negra de la tuna, en el municipio de San Juan Ixcaquixtla, Puebla, México y; por otra parte, *Ahmadpour et al.* (2017) señalan a *Didymella microchlamidospora*, pero asociado a muerte regresiva en diversos árboles frutales y ornamentales como *Citrus* spp., *Eucalyptus* spp., *Morus* spp., *Conocarpus erectus*, *Ziziphus nummularia*, *Nerium oleander*, *Juglans regia*, *Prosopis spicigera*, *Cupressus sempervirens*, *Punica granatum*, *Prosopis stephaniana*, *Olea europaea*, *Callistemon viminalis*, *Bauhinia purpurea*, *Albizia lebbek* y *Cordia mixta*.

La costra negra de la tuna en México difiere de la observada en nuestro estudio en el tamaño de la mancha que fue de 10-40 mm. Esta diferencia podría deberse a la variedad de tuna, condiciones ambientales y el complejo de hongos acompañantes. Según *Chen et al.* (2015) el género *Didymella* está ampliamente distribuido en cultivos de campo y ornamentales, así como en plantas silvestres. *Didymella glomerata* es un hongo del suelo

distribuido en todo el mundo y ha sido aislado de varios tipos de plantas, así como de humanos y materiales inorgánicos. Habitualmente está asociado con síntomas de tizón, manchas en las hojas y pudrición de la fruta en todo el mundo. Con frecuencia ocurre en capas de semillas muertas y; la mayoría de los registros provienen de regiones templadas, pero el hongo parece ser particularmente común en los subtropicales. En general, es considerado un invasor secundario. Además, este hongo fue reportado por Aghapour *et al.* (2009) en *F. elastica* de Irán, en trigo (*Triticum aestivum* L.) y pepino (*Cucumis sativus* L.) (Valenzuela *et al.* 2018).

Asimismo, resultados similares a nuestro estudio fueron obtenidos también de manera independiente por Flores (2012) quien ha reportado a *Bisifusarium lunatum* y *Lasiodiplodia theobromae* asociado a la mancha negra circular de los cladodios de tuna en Tlalnepantla, Morelos, México y; por otra parte, Gryzenhout (2017) reportó a *Bisifusarium lunatum* como agente causal de las manchas necróticas superficiales en cladodios de tuna en Sudáfrica. Sin embargo, la mancha negra de tuna en México difiere del nuestro en el tamaño de la mancha que fue de 20-40 mm y es causado por *Pseudocercospora opuntiae* (Ayala *et al.* 2006). *Bisifusarium lunatum* es considerado un endófito de los cladodios de cactáceas de los géneros *Opuntia* y *Gymnocalycium* (Schroers *et al.* 2009) y; *Lasiodiplodia theobromae* es considerado como un patógeno latente que puede ser encontrado como endófito en tejidos sanos de varios tipos de plantas, convirtiéndose en un patógeno cuando el hospedero está debilitado o estresado (Picos *et al.* 2015). En nuestra investigación el factor de estrés en la tuna podría atribuirse a la escasez hídrica y la deficiencia nutricional permitiendo que ambas especies se comporten como patógeno secundario lo que explicaría su presencia en ambos tipos de manchas.

Lasiodiplodia theobromae es reconocido como un hongo saprófito y cosmopolita. Es declarado como el agente causal de numerosas enfermedades en una gran variedad de hospederos, principalmente los cultivos hortofrutícolas. Las enfermedades ocasionadas por este patógeno incluyen muerte descendente, pudrición de frutos, cáncer, gomosis, tizón de la hoja, pudrición de la raíz en plantas maderables y cultivos. Se ha reportado que durante los periodos lluviosos hay mayor producción de esporas las cuales pueden ser diseminadas por las gotas de lluvia y el viento. El hongo sobrevive sobre tejidos muertos en la planta o suelo. La incidencia de *Lasiodiplodia theobromae* está influenciada por la temperatura mayor a 30 °C, el estrés hídrico y bajos niveles de nutrición de la planta (Picos *et al.* 2015).

Didymella glomerata representa un problema complejo por su posible interacción con otros fitopatógenos y con la nutrición de la planta. Es primordial el conocimiento de infecciones latentes en la tuna, por el carácter perenne del cladodio infectado y la intensa remoción de cladodios vía podas que permanece en el suelo.

En nuestro estudio, durante la evaluación de la enfermedad, la temperatura media osciló entre 10,5 y 15,4 °C y la humedad relativa media entre 21 y 74,1 por ciento. El incremento en el porcentaje de incidencia de la mancha necrótica en el testigo (tratamiento sin aplicación) de 58,2 a 88,5 por ciento durante los meses de octubre a diciembre y el incremento del porcentaje de severidad desde 19,4 a 49,5 por ciento en octubre y noviembre resultó similar al obtenido por Hernández *et al.* (2016) que informa una incidencia final de la mancha negra causada por *Pseudocercospora opuntiae* en tuna entre 85 y 88 por ciento y las plantas con severidad inicial de 46% originaron la mayor intensidad epidémica de 90,5 manchas; este progreso de la epidemia lo asociaron a una temperatura mínima promedio de 6,8 por ciento y una humedad relativa entre 50 y 100 por ciento importantes para la maduración de manchas y la producción de estructuras del hongo. La HR, menor al 60 por ciento lo asociaron con un largo estadio de las lesiones nuevas y para la severidad encontraron una relación directamente proporcional con la altitud.

El incremento en la intensidad de la enfermedad obtenido en el testigo en nuestro estudio se asoció a un desarrollo epifítico óptimo del patógeno principal, *Didymella* spp. dada a las condiciones climáticas favorables. Resultado corroborado por varios autores quienes mencionan que, a temperaturas mínimas, inferiores a 14 °C, se genera un incremento en el desarrollo de enfermedades producidas por *Phoma* spp. en diversos cultivos. Menza *et al.* (2016) encontró una relación inversa y significativa donde en periodos de bajas temperaturas y HR inferior al 70 por ciento, la incidencia de la muerte descendente del cafeto causado por *Phoma* spp. fue mayor. FAO (s.f.) menciona que “el carate” en tomate producida por *Phoma andina* var. *Cristalliniformis* fue severa en condiciones de HR alta y temperaturas medias a bajas. En contraste, Gómez *et al.* (2011) señala que las condiciones que favorecieron el desarrollo de la mancha de tallo (*Phoma oleraceae* var. *helianthi-tuberosi*) y manchas foliares (*Septoria helianthi* y *Alternaria helianthi*) fueron: 20-25 °C,

HR de 60-70 por ciento, 2-6 h de follaje con película de agua y velocidad del viento de 4-10 km*h⁻¹.

Salgado y Pfenning 2000, mencionado por Menza *et al.* (2016) señalan que el desarrollo de *Phoma* spp. se ve favorecida por la ocurrencia de vientos fuertes, corrientes frías y cambios bruscos de temperatura que causan heridas en el órgano vegetal, por donde penetra el fitopatógeno. Según Zadocks y Schein 1979, mencionado por Menza *et al.* (2016), las variaciones en los factores climáticos afectan en gran medida el desarrollo de las enfermedades, con variaciones en el tiempo sobre la incidencia y severidad, según la presencia de factores climáticos favorables del patógeno y la dinámica del desarrollo de los tejidos; sin embargo, este efecto climático depende del manejo del sistema de producción y el patosistema donde ocurren las infecciones.

Hernández *et al.* (2014) mencionan la formación de agregados de la mancha negra en tuna hacia los surcos lo que puede indicar que la dispersión del patógeno está influenciada por el manejo agronómico posiblemente por la permanencia del material podado entre los surcos. Según Granata *et al.* (2018) las plantaciones más densas y el cambio climático pueden contribuir a que se incremente la incidencia y la severidad de la enfermedad y posible emergencia de enfermedades inusuales.

En el control de enfermedades el uso de productos naturales con actividad bioestimulante y biofungicida que aseguren reducir el impacto ambiental negativo generado por el uso indiscriminado de fungicidas y que a su vez permitan el manejo sostenible del cultivo de tuna, es viable. Los biofungicidas son productos biológicos con acción fungicida cuya materia activa es un microorganismo antagonista, tales como *T. harzianum* y *B. subtilis* que actúan controlando a los fitopatógenos. Un microorganismo antagonista puede presentar cinco modos de acción frente a un patógeno: competencia, antibiosis, explotación, resistencia inducida en el hospedero y lisis, bien de forma individual o asociada. El ambiente es un factor crucial en el éxito del control biológico, tales como: la temperatura, potencial hídrico, radiación, pH, cargas superficiales, iones y compuestos de carbono que contienen energía. Cada uno de estos factores varía en tiempo y espacio e interaccionan entre ellos. El ambiente abiótico es dinámico, heterogéneo y complejo (Melgarejo y De Cal 2006).

La Figura 24 relacionada al porcentaje de incidencia muestra una mejor respuesta al tratamiento fosfito de potasio aplicado por vía drench que tuvo el valor del porcentaje de incidencia más bajo de 32,1 y 29,3 por ciento a partir de los 21 DDA hasta el 105 DDA respectivamente con diferencia significativa del testigo absoluto. El testigo azoxystrobin tuvo una ligera disminución en su valor de 55,8 a 53,1 por ciento, sin diferencia con el tratamiento fosfito de potasio y testigo. Los tratamientos lichthor, quitosano, *Bacillus subtilis* y *Trichoderma harzianum* no exhibieron diferencias estadísticas, entre ellos, con el testigo ni con el tratamiento fosfito de potasio desde los 21 DDA hasta los 105 DDA.

La Figura 27 referida al porcentaje de severidad muestra también una mejor respuesta al tratamiento fosfito de potasio aplicado por vía drench que tuvo el valor más bajo del porcentaje de severidad desde los 7 hasta los 105 DDA con valores de 13,5 y 10,6 por ciento, respectivamente sin diferencia con los demás tratamientos, pero diferente al testigo. El tratamiento *T. harzianum* mostró diferencia con el testigo a partir de los 28 a los 105 DDA con valores de 13,3 y 11,3 por ciento respectivamente al igual que el quitosano, pero sólo desde los 91-105 DD con un valor de 10,7 por ciento.

Ogoshi *et al.* (2013) informan que el fosfito de potasio a una dosis de $10.0 \text{ mL} \cdot \text{L}^{-1}$ proporcionó una mayor reducción en la severidad de la antracnosis, *Colletotrichum gloeosporioides* en plantas de café, en 62.5 por ciento. Según Hofgaard *et al.* (2010) la aplicación foliar de fosfito de potasio en *Triticum aestivum* a una dosis de $100 \mu\text{L} \cdot \text{mL}^{-1}$ 7 días antes de la inoculación del patógeno *Fusarium culmorum* mostraron una reducción de la severidad de la enfermedad en un 40%.

El valor bajo del porcentaje de incidencia y severidad en el tratamiento fosfito de potasio diferente al testigo obtenido en nuestro estudio, se podría deber a que el producto comercial empleado en el ensayo que tiene triple acción como fertilizante, bioestimulante y de acción directa, es un fertilizante líquido a base de extractos procesados de materias naturales y fosfito de potasio, diseñado para aportar fósforo y potasio altamente asimilables con acción sistémica ascendente y descendente en la que el fosfito de potasio se degrada rápidamente, en el suelo y tejidos de la planta, produciendo ácido fosforoso, compuesto activo, que podría estimular varios mecanismos de defensa relacionados con la resistencia para hacer frente a las condiciones de estrés (Farmagro S.A s.f.). Los niveles de eficacia de los fosfitos en el control de fitopatógenos varía dependiendo del ion unido al fosfito, método de aplicación,

fitopatígeno y hospedero (Cerioni y Rapisarda 2013). Su acción como fuente de nutrición en plantas cultivadas ocurre únicamente si los fosfitos se aplican al suelo y entran en contacto con bacterias que tienen la capacidad de oxidarlos a fosfatos (Manna *et al.* 2016).

La Figura 26 referida al control de la enfermedad en términos de reducción de la incidencia al final de la evaluación muestra una mejor respuesta a los tratamientos fosfito de potasio, quitosano, *T. harzianum* y *B. subtilis*, los que tuvieron valores de reducción de la incidencia de 68,3, 67,4, 65,2, y 64,0 por ciento respectivamente, sin diferencias entre ellos. Sin embargo, se diferencian del control estándar azoxystrobin que mostró un valor bajo de reducción de la incidencia de 50,6 por ciento. El tratamiento lichthor tuvo un valor de 57 por ciento, sin diferencia con el azoxystrobin, pero diferente al tratamiento fosfito de potasio. El estudio tampoco mostró diferencias entre las vías de aplicación.

Este resultado es similar al de Domínguez *et al.* (2016) que informan que el fosfito de potasio y quitosano redujeron la incidencia y severidad de la oidiosis del rosal, así como su respuesta en la calidad de tallos florales con respecto al testigo; sin embargo, difiere en que solo el fosfito de potasio manifestó un control similar al testigo estándar acetato de dodemorf. Asimismo, Cepas de *Bacillus subtilis* aislada de la península de Yucatán en México causaron la inhibición del crecimiento micelial de 32 a 78% de *Alternaria alternata*, *Helminthosporium rostratum* y *Curvularia lunata* en pruebas de confrontación directa (Ruíz *et al.* 2016).

La reducción significativa de la incidencia al final de la evaluación en los tratamientos fosfito de potasio, quitosano y *T. harzianum* podría atribuirse a la actividad de estos productos naturales sobre la fisiología de las plantas capaces de inducir la expresión de genes de defensa en la planta (Madriz 2002, Gómez y Trejo 2015) fomentando su crecimiento y desarrollo, mejorando la eficiencia del metabolismo de la planta, aumentando la tolerancia de las plantas a una amplia variedad de fitopatógenos (González *et al.* 2012) y la recuperación del estrés abiótico facilitando la asimilación, translocación, y el uso de nutrientes (Rodríguez *et al.* 2009, INTAGRI 2017). *Trichoderma harzianum* además de su actividad bioestimulante, ejerce su acción por mecanismos antagónicos como la competencia, antibiosis y lisis al igual que *Bacillus subtilis* en el control de la enfermedad.

La Figura 29 referida al Área Bajo la Curva del Progreso de la Enfermedad muestra una mejor respuesta a los tratamientos fosfito de potasio y *T. harzianum* aplicados por vía drench los que tuvieron valores ABCPE acumulados de 1140 y 1203 respectivamente, sin diferencias entre ellos, pero diferentes al testigo que alcanzó 3590 en el avance de la mancha necrótica. *Bacillus subtilis*, lichthor y quitosano tuvieron valores ABCPE acumulados de 1454, 1449 y 1337 respectivamente sin diferencia entre ellos, pero diferentes al testigo. Finalmente, el azoxystrobin mostró un valor ABCPE de 1559 diferente al testigo absoluto y a los tratamientos *T. harzianum* y fosfito de potasio. Este resultado se interpreta como una mejor eficacia del fosfito de potasio y *Trichoderma harzianum* que el azoxystrobin en la reducción de la enfermedad.

Los fosfitos presentan una mayor movilidad en el suelo y en el tejido de las plantas, así como una mayor capacidad para penetrar a través de hojas, tallos y raíces. La eficacia de los fosfitos, sobre *Plasmodiophora brassicae*, oomycetes, hongos, bacterias y nematodos fitoparásitos han sido probados ampliamente (Gómez y Trejo 2015). Su mecanismo de acción puede ser directa o indirecta. Al entrar en contacto con el fitopatógeno modifica la expresión de genes que codifican la síntesis de sustancias primordiales en la estructura y fisiología celular afectando su crecimiento y reproducción (Yáñez *et al.* 2018). También, al entrar a la célula vegetal; activa respuestas moleculares, bioquímicas y fisiológicas en la planta en presencia de suficiente fosfato (Gómez y Trejo 2015) estimulando la síntesis de fitoalexinas, como el resveratrol, proteínas relacionadas con la patogénesis, la lignina, suberina y compuestos derivados del ácido cinámico; mejorando la absorción y asimilación de nutrientes, la calidad del producto cosechado y la tolerancia al estrés abiótico (INTAGRI 2017).

Por otra parte, Perello *et al.* (2006) informaron que tres aislamientos de *Trichoderma harzianum* y *T. koningii* mostraron mayor eficacia en el control de la mancha bronceada (*Pyrenophora tritici-repentis*) y la mancha foliar (*Mycosphaerella graminicola*) del trigo en condiciones de campo en Argentina, cuando se recubrieron las semillas o por aspersion sobre el follaje del trigo en diferentes etapas de crecimiento obteniendo una reducción significativa de la severidad por encima del 56%. Además, encontraron diferencias significativas entre cultivares de trigo, tipos de inóculo y etapas de crecimiento.

Asimismo, según Ezziyyani *et al.* (2004), *T. harzianum* ha tenido actividad biofungicida sobre *Phytophthora capsici* en ají y; según González *et al.* (2005) cepas de *Trichoderma* disminuyeron significativamente la incidencia de *Rhizoctonia solani* en plántulas de lechuga, además de incrementar el peso y altura de las plantas. También señalaron que inmersiones de semillas de frijol con *Trichoderma* spp., antes y después de la siembra, fueron efectivas para el control de hongos patógenos de la semilla y del suelo. Según Castro y Rivillas (2012), *Trichoderma* actúa por medio de la competencia por sustrato, la producción de sustancias fungitóxicas, la inducción de resistencia por medio de fitoalexinas y el micoparasitismo. Además, ayuda a la proliferación de micorrizas y bacterias fijadoras de nitrógeno, con lo que la planta requiere hasta un 20% menos de nutrientes químicos y finalmente Agrotterra (2011) afirma la capacidad de *Trichoderma* de colonizar fácilmente las raíces de las plantas sin afectarlas.

T. harzianum además tuvo acción como biofungicida en el control de enfermedades radiculares, foliares y tratamiento de semillas. Ha mostrado efecto sobre *Pythium*, *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Thielaviopsis* y *Cylindrocladium* (Gómez *et al.* 2018). Protege las raíces de las plantas y suprime las enfermedades foliares (Agrotterra, 2011). *Trichoderma harzianum* produce endoquitinasa enzima que le permite desarrollarse sobre hongos patógenos, proceso denominado micoparasitismo. Según Harman (2006) el micoparásito crece sobre el contenido de las hifas del patógeno produciendo B-1,3- glucanasa y quitinasa que causa exolisis. La exolisis es la disolución de la pared y membrana celular seguida por derrame del contenido celular de la hifa del patógeno que provoca la muerte (Martínez 2013). *T. harzianum* también produce sustancias de tipo antibiótico tales como Trichodermin y harzianopiricona que causan un efecto antagónico sobre el fitopatógeno y enzimas de tipo lítico que son capaces de destruir los esclerocios o estructuras de resistencia del fitopatógeno (Martínez 2017).

La adaptabilidad, la diversidad de mecanismos biológicos y la plasticidad ecológica que posee *Trichoderma*, hicieron que se convirtiera en un excelente Agente de Control Biológico (Ezziyyani *et al.* 2004). Por su parte *Bacillus subtilis*, bacteria Gram positiva ejerce su acción en el control de fitopatógenos mediante competencia, antibiosis y lisis. Compiten por espacio y nutrientes, producen antibióticos como el Iturin A y Fengicyn. y tienen la capacidad de secretar enzimas digestivas como quitinasas, celulasas, amilasas, proteasas y glucanasas (Stein 2005).

García (2014) informó la inducción de mecanismos de defensa por *T. harzianum* y quitosano contra *Phytophthora drechsleri* en *Euphorbia pucherrima*. Siendo la más efectiva *T. harzianum*. Ellos indujeron mecanismos de defensa de inducción temprana como el fortalecimiento de la pared celular y respuesta hipersensible, también mecanismos de defensa relacionados con la resistencia como la producción de proteínas relacionadas con la patogénesis y fitoalexinas.

Rodríguez *et al.* (2009) en plantas de arroz usando semillas tratadas con quitosano hidrolizado a $500 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ e inoculadas artificialmente con *Pyricularia grisea* observaron un aumento marcado de la actividad de la PAL. Asimismo, una respuesta de resistencia inducida contra *Puccinia arachidis* fue reportada en cacahuete (*Arachys hypogaea*). Las hojas tratadas con quitosano, después de diez días presentaron actividades intercelulares máximas de quitinasa y β -1,3-glucanasa a 1000 ppm (González *et al.* 2013). Otros investigadores también trataron plántulas de chícharos con quitosano $0,5 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ y posteriormente las infectaron con *F. solani* f. sp. *pisi* y observaron una elicitación en la actividad de quitinasa a las 0, 10, 29, 57 y 72 h después de inoculadas, encontrándose la máxima actividad a las 10 h. De igual manera, las hojas de plantas de tabaco asperjadas con quitosano presentaron mayor actividad de quitosanasas y glucanasas a la concentración de $0.1 \text{ g}\cdot\text{litro}^{-1}$ (González *et al.* 2012).

El quitosano también tiene actividad biofungicida. La efectividad de la actividad antifúngica del quitosano depende en gran medida de su grado de polimerización (Flors *et al.* 2003). Se ha considerado que cuando la carga positiva sobre el C-2 del monómero de glucosamina se encuentra por debajo de pH 6, el quitosano es más soluble y tiene una mejor actividad antimicrobiana que la quitina (Lárez 2008). En Egipto, comprobaron que el quitosano reducía el crecimiento micelial y la producción de esporas de *Phytophthora infestans*, a la concentración de $1 \text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$. Asimismo, el quitosano redujo la germinación de la uredospora de *Puccinia arachidis* a una concentración de $1 \text{ g}\cdot\text{litro}^{-1}$ y con igual concentración fue probado contra *Pyricularia grisea* observándose en este caso infertilidad en las hifas (Rodríguez *et al.* 2009).

La multifuncionalidad de los microorganismos en los sistemas agrícolas, se expresa de acuerdo a una serie de factores bióticos, como la competencia con otros microorganismos, la composición biológica del suelo, el reconocimiento planta- microorganismo y viceversa. Igualmente, factores abióticos, como la climatología, las características físicas y químicas

del suelo, que influyen directamente en el tipo de interacción de estos organismos y la expresión de los efectos benéficos o detrimentales, determinantes en el desarrollo de las especies vegetales (Harman 2006).

Finalmente, el azoxistrobin es un fungicida sistémico de amplio espectro que pertenece a la clase de los metoxiacrilatos, derivados de las estrobilurinas naturales. Ejerce su actividad fungicida inhibiendo la respiración mitocondrial en hongos. El azoxistrobin es un compuesto sistémico que se transloca en el flujo de transpiración desde las raíces hasta el tallo y hacia las hojas. Absorbido por hojas, raíces y semillas, se dice que tiene propiedades protectoras y erradicantes. En comparación con las principales clases de fungicidas sistémicos, la azoxistrobina tiene un alto nivel de actividad intrínseca y el espectro más amplio; por lo tanto, es activo en dosis muy bajas contra una amplia gama de patógenos fúngicos (Mastovska 2008).

VI. CONCLUSIONES

1. La caracterización morfológica, y la prueba de patogenicidad permitió identificar los hongos aislados asociados a la mancha necrótica plateada en cladodios de *Opuntia ficus-indica* variedad blanca dentro de las especies *Didymella glomerata*, *Didymella microchlamidospora*, *Bisifusarium lunatum* y *Lasiodiplodia theobromae*, siendo este el primer reporte de estos patógenos en el cultivo de tuna en Tarata-Tacna y en nuestro país.
2. El fosfito de potasio aplicado por vía drench mostró disminución significativa del porcentaje de incidencia de la mancha necrótica, en cladodios de tuna, variedad blanca, a partir de los 21 DDA hasta el 105 DDA con diferencia significativa del testigo absoluto.
3. Los tratamientos fosfito de potasio, quitosano, *T. harzianum* y *B. subtilis*, mostraron mejor respuesta en el porcentaje de control de la mancha necrótica en cladodios de tuna variedad blanca en términos de reducción de la incidencia; al final de la evaluación sin diferencias entre ellos, pero diferente del control estándar azoxystrobin. El tratamiento lichthor no mostró diferencia con el azoxystrobin, pero si con el tratamiento fosfito de potasio. El estudio tampoco mostró diferencias entre la vía de aplicación.
4. El fosfito de potasio aplicado por vía drench mostró disminución significativa del porcentaje de severidad de la mancha necrótica, en cladodios de tuna, variedad blanca desde los 7 hasta los 105 DDA sin diferencia con los demás tratamientos, pero diferente al testigo. El tratamiento *T. harzianum* mostró diferencia con el testigo a partir de los 28 a los 105 DDA al igual que el quitosano, pero sólo desde los 91-105 DDA.

5. El fosfito de potasio y *Trichoderma harzianum* aplicado por vía drench mostraron mayor eficacia que el testigo estándar azoxystrobin los que tuvieron valores ABCPE acumulados de 1140, 1203 y 1559 respectivamente y diferentes al testigo que alcanzó 3590 en el avance de la mancha necrótica en cladodios de tuna variedad blanca, en las condiciones del experimento.

6. Los tratamientos *Bacillus subtilis*, lichthor, quitosano, *Trichoderma harzianum*, fosfito de potasio y azoxystrobin, aplicados por vía drench; tuvieron valores ABCPE acumulados de 1454, 1449, 1337, 1203, 1140, 1454 respectivamente, diferentes al testigo absoluto con valor ABCPE acumulado de 3590. El tratamiento fosfito de potasio no mostró diferencia con el tratamiento *Trichoderma harzianum*. Ambos mostraron diferencia con el testigo azoxystrobin.

VII. RECOMENDACIONES

1. Determinar la presencia de hongos fitopatógenos en otras variedades de tuna con mancha necrótica y en otras zonas donde se cultiva esta especie vegetal.
2. Realizar pruebas de dosis de aquellos productos que tuvieron mejor control de la enfermedad denominada mancha necrótica plateada.
3. Realizar pruebas de otros productos bioestimulantes en el control de mancha necrótica plateada.
4. Evaluar la biodiversidad de hongos endófitos en el cultivo de tuna.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abo Elyousr, KA; Abdel Hafez, SI; Abdel Rahim, IR. 2014. Isolation of *Trichoderma* and evaluation of their antagonistic potential against *Alternaria porri* (en línea). Journal of Phytopathology 162 (9): 567-574. Consultado 6 feb. 2018. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/260980374_Isolation_of_Trichoderma_and_Evaluation_of_their_Antagonistic_Potential_against_Alternaria_porri

Ahmadpour, SA; Farokhinejad, R; Mehrabi K, M. 2017. Further characterization and pathogenicity of *Didymella microchlamydospora* causing stem necrosis of *Morus nigra* in Iran (en línea). Mycosphere 8 (7): 835-852. Consultado 2 nov. 2020. Disponible en: file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/PublishedversionMycosphere_8_7_3.pdf

Aghapour, B; Fotouhifar, KB; Ahmadpour, A; Ghazanfari, K. 2009. First report of leaf spot disease on *Ficus elástica* caused by *Phoma glomerata* in Iran (en línea). Australasian Plant Disease Notes 4: 82-83. Consultado 21 nov. 2020. Disponible en: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1071/DN09035.pdf>

Agrotterra. 2011. Biofungicidas (en línea). Consultado 26 oct. 2017. s.p. Disponible en: <https://www.agrotterra.com/blog/actualidad/los-biofungicidas/71007/>

Alvarado Jaramillo, V; Santín Calva, J. 2017. Plagas y enfermedades de la tuna *Opuntia ficus indica* L. en las condiciones ecológicas de la provincia de Loja. Ecuador (en línea). Bosques Latitud Cero 7(1): 1-17. Consultado 20 jun. 2019. Disponible en: <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/viewFile/169/165>

Alves, A; Crous, PW; Correia, ACM; Phillips, AJL. 2008. Morphological and molecular data reveal cryptic speciation in *Lasiodiplodia theobromae* (en línea). Fungal Diversity. 28:

1-13. Consultado 3 abr. 2019. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/40095352_Morphological_and_molecular_data_reveal_cryptic_species_in_Lasiodiplodia_theobromae

Amaya R, J. 2009. Cultivo de tuna (*Opuntia ficus-indica*) (en línea). Trujillo. Perú. Gerencia Regional Agraria la Libertad. 18 p. Consultado 8 mayo 2017. Disponible en: <http://www.agrolalibertad.gob.pe/sites/default/files/MANUAL%20TECNICO%20DE%20TUNA.pdf>

Arcos, J; Zúñiga, D. 2015. Efecto de rizobacterias en el control de *Rhizoctonia solani* en el cultivo de papa (en línea). Ecología Aplicada 14(2): 95-101. Consultado 4 mar. 2020. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v14n2/a02v14n2.pdf>

Aveskamp, MM; Verkley, GJM; De Gruyter, J; Murace, MA; Perelló, A; Woudenberg, JHC; Groenewald, JZ; Crous, PW. 2009. DNA phylogeny reveals polyphyly of *Phoma* section *Peyronellaea* and multiple taxonomic novelties in Phylogeny and DNA-based identification in *Phoma* and related genera (en línea). Mycologia 101(3): 363-382. Consultado 20 jun. 2018. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/26302106_DNA_phylogeny_reveals_polyphyly_of_Phoma_section_Peyronellaea_and_multiple_taxonomic_novelties

Ayala E, V; Yáñez M, M; Braun, U; Groenewald, J; Crous, P. 2006. *Pseudocercospora opuntiae* sp. nov., the causal organism of cactus leaf spot in México (en línea). Fungal Diversity 21: 1-9. Consultado 18 feb. 2019. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/40114607_Pseudocercospora_opuntiae_sp_nov_the_causal_organism_of_cactus_leaf_spot_in_Mexico

Aybar, C; Lavado, W; Huerta, A; Fernández, C; Vega, F; Sabino, E; Felipe, O. 2017. Uso del producto Grillado “PISCO” de precipitación en Estudios, Investigaciones y Sistemas Operacionales de Monitoreo y Pronóstico Hidrometeorológico (en línea). Nota Técnica 001 SENAMHI-DHI-2017, Lima-Perú. Consultado 6 mayo 2018. Disponible en: <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01402SENA-8.pdf>

Bae, YS; Knudsen, GR. 2005. Soil microbial biomass influence on growth and biocontrol efficacy of *Trichoderma harzianum* (en línea). *Biological control* 32 (2): 236-242. Consultado 8 mayo 2017. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1049964404001914>

Bañico Flores, R. 2015. Epidemiología de lesiones sugestivas con enfermedades bacterianas y fúngicas en *Opuntia* spp. “tuna” en la localidad de Wari. Ayacucho 2015. Tesis Blgo. Mblgo. Perú. UNSCH. 51 p.

Barnett, HL; Hunter, BB. 1998. Illustrated genera of imperfect fungi. The American Phytopathological Society. 218 p.

Barrantes del Aguila, FN. 2014. Generación de estándar para la prevención patogénica de la cercosporiosis (*Cercospora* sp.) de tuna, *Opuntia ficus indica* (Mill.) en Ayacucho. Programa de Investigación en cultivos andinos. UNSCH. Ayacucho.

Biogen. 2021. Licthor. Fungicida biológico (en línea). Ficha técnica. Consultado 2 nov. 2021. Disponible en: <http://www.biogenagro.com/wp-content/uploads/2021/06/FT-LICTHOR1.pdf>

Bravo Hollis, H. 1978. Las cactáceas de México (en línea). 2 ed. Universidad Nacional Autónoma de México D.F. 743 p. Consultado 12 oct. 2019. Disponible en: [https://www.academia.edu/24808346/Bravo-Hollis H. Las Cactaceas de Mexico. Vol.1. Bookos.org](https://www.academia.edu/24808346/Bravo-Hollis_H._Las_Cactaceas_de_Mexico._Vol.1._Bookos.org)

Britton, NL; Rose, JN. 1919. The cactaceae: Descriptions and illustrations of plants of the cactus family (en línea). The Carnegie Institution of Washington. 248: 225 p. Consultado 20 feb. 2019. Disponible en: http://publicationsonline.carnegiescience.edu/publications_online/cactaceae/Britton_Rose_Cactaceae_1.pdf

Campbell, CL; Madden, LV. 1990. Introduction to Plant Disease Epidemiology. A Wiley – Interscience Publication. United States of America. 532 p.

Castagnino Acosta, FM. s.f. La tuna y su exportación en el Perú (en línea). 2 p. Consultado 20 ago. 2019. Disponible en: <https://www.monografias.com/trabajos52/tuna-exportacion/tuna-exportacion2.shtml>

Castillo P, C. 2014. Taxonomía de la tuna en el Perú (en línea). Consultado 14 dic. 2018. Disponible en <https://willkamikhuna.lamula.pe/2014/07/31/taxonomia-de-la-tuna-en-el-peru/ccperalta/>

Castro Toro, AM; Rivillas Osorio, CA. 2012. *Trichoderma* spp. Modos de acción, eficacia y usos en el cultivo de café (en línea). Boletín Técnico Cenicafe 38. Colombia. 31 p. Consultado 4 jun. 2017. Disponible en: http://www.cenicafe.org/es/publications/Boletin_38_FINAL2014.pdf

Celi Soto, A; Alcívar Hidrovo, J. 2018. Manejo del tamaño de fruto y la calidad de la tuna (*Opuntia ficus-indica*) mediante regulación de carga frutal (en línea). Revista de las Agrocencias no.20:20-28. Universidad Técnica de Manabí. Ecuador. Consultado 22 feb. 2020. Disponible en: [file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/Dialnet-ManejoDelTamanoDeFrutoYLaCalidadDeLaTunaOpuntiaFic-6723165%20\(4\).pdf](file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/Dialnet-ManejoDelTamanoDeFrutoYLaCalidadDeLaTunaOpuntiaFic-6723165%20(4).pdf)

Cerioni, L; Rapisarda, V.A. 2013. Use of Phosphite Salts in Laboratory and Semicommercial Sests to Control Citrus Postharvest Decay (en línea). Plant disease 97 (2): 201-212. Consultado 20 dic. 2018. Disponible en https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/22834/CONICET_Digital_Nro.ce47e6cf-5101-4ad6-9027-12ece0cb3cd2_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Chen, Q; Jiang, JR; Zhang, GZ; Cai, L; Crows, PW. 2015. Resolving the *Phoma* enigma (en línea). Studies in Mycology 82: 137-217. Consultado mar. 2019. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0166061615000172>

Das, K; Lee, SY; Jung, HY. 2020. Molecular and morphological characterization of two novel species collected from soil in Korea (en línea). *Mycobiology* 48 (1): 9-19. Consultado 14 ago. 2021. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/12298093.2019.1695717>

Dávila Hernández, JE. 2008. Manejo orgánico de la producción de nopal. VI Simposium taller producción y aprovechamiento del nopal en el Noreste de México. *Revista Salud Pública y Nutrición* no. 14: 114-136.

Domínguez Serrano, D; García Velasco, R; Mora Herrera, ME. 2016. Identificación y alternativas de manejo de la cenicilla del rosal (en línea). *Revista mexicana de Fitopatología* 34 (1): 22-42. Consultado 10 jul. 2017. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmfi/v34n1/2007-8080-rmfi-34-01-00022.pdf>

Ezziyani; Pérez S, C; Sid A, A; Requena, ME; Candela, ME. 2004. *Trichoderma harzianum* como biofungicida para el biocontrol de *Phytophthora capsici* en plantas de pimiento (*Capsicum annum* L.) (en línea). *Anales de Biología* 26: 35-45. Consultado 2 jul. 2017. Disponible en: <https://www.um.es/analesdebiologia/numeros/26/PDF/05-TRICHODERMA.pdf>

Falcón, AB; Ramírez, MA; Márquez, R; Hernández, M. 2002. Chitosan and its hydrolysate at Tobacco – *Phytophthora parasitica* interaction (en línea). *Cultivos tropicales* 23(1): 61-66. Consultado 11 jul. 2017. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/1932/193218105009.pdf>

FAO. s.f. Manejo integrado de enfermedades (en línea). p. 44-70. Consultado 23 jul. 2020. Disponible en <http://www.fao.org/3/a1374s/a1374s05.pdf>

FARMAGRO S.A. s.f. Phosalex (en línea). Ficha técnica. Consultado 20 abr. 2017. Disponible en: http://www.farmagro.com.pe/media_farmagro/uploads/ficha_tecnica/phosalex_ficha_tecnica.pdf

Fernandez Gonzalez, J; Saiz Jarabo, M. s.f. La chumbera como cultivo de zonas áridas (en línea). Ministerio de Agricultura, pesca y Alimentación. Madrid. Hojas divulgadoras 24p. Consultado 22 ene. 2020. Disponible en: https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1990_01.pdf

Flores Flores, R. 2012. Identificación de hongos asociados a la mancha negra del nopal (*Opuntia ficus indica* Mill) y su sensibilidad al quitosano (en línea). Tesis Mag. Sc. Manejo agroec. de plagas y enf. Instituto politécnico Nacional. Morelos. México. 66p. Consultado 8 mayo 2017. Disponible en: <http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/12450/Tesis%20Octubre%202012%20Ros%20alba%20Flores%20Flores..pdf?sequence=1>

Flors, V; Fornés, F; Glez B, C; Cerezo, M; Romero, E; Camañes, G; García A, P. 2003. Control de patógenos con extractos naturales procedentes de esqueletos crustáceos (en línea). Valencia. p. 353-369. Consultado 18 jul. 2017. Disponible en https://books.google.com.pe/books?id=2PG_zhyjDYcC&pg=PA353&lpg=PA353&dq=El+Ghaouth+1992.+control+quitosano&source=bl&ots=OU5GqAqCi9&sig=cF1j-Ln5zRmp3RG_cQDMsebIK90&hl=es&sa=X&ved=0ahUKewj72KiqgcbVAhVFRCYKHca3DxAQ6AEILTAB#v=onepage&q=El%20Ghaouth%201992.%20control%20quitosano&f=false.

Fox, J; Weisberg, S. 2021. “car”: Companion to Applied Regression. R package, version 3.0-11. Consultado 4 abr. 2021. Disponible en: <https://cran.r-project.org/web/packages/car/car.pdf>

French, ER; Hebert, TT. 1980. Métodos de investigación fitopatológica. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Costa Rica. 289 p.

Fry, WE. 1978. Quantification of general resistance of potato cultivars and fungicide effects for integrated control of potato late blight (en línea). *Phytopathology* 68:1650–1655. Consultado 12 set. 2017. Disponible en: https://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1978Articles/Phyto68n11_1650.PDF

García Vera, AG. 2014. Mecanismos de defensa inducidos por la combinación de *Trichoderma harzianum* y Quitosano en nochebuena (*Euphorbia pulcherrima*) contra *Phytophthora drechsleri* (en línea). Tesis Mag. Sc. de la floricultura. Jalisco. CIATE. 158p. Consultado 18 nov. 2020. Disponible en: <https://ciatej.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1023/433/1/ALMA%20GUADALUPE%20GARCIA%20VERA.pdf>

Gómez Merino, FC; Trejo Téllez, LI. 2015. Bioestimulant activity of phosphite in horticulture (en línea). *Scientiae horticultrae* 196: 82-90. Consultado 18 ene. 2019. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423815301990?via%3Dihub>

Gómez, DE; Ojeda, AD; Casse, MF; Bonacic, I. 2011. Efecto de las variables climáticas sobre las fases de los ciclos de algunas de las enfermedades de girasol en condiciones de campo (en línea). 12 p. Consultado 21 mar. 2019. Disponible en: [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_efecto_variables_climaticas_ciclos_enfermedades .pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_efecto_variables_climaticas_ciclos_enfermedades.pdf)

Gómez, MI; Alarcón, A; León, M; Oehlschlager, C; Solórzano, L. 2018. Comercialización de agentes de control biológico en: control biológico de fitopatógenos, insectos y ácaros (en línea). 2: 762-793. Consultado 22 set. 2019. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/329197016_Comercializacion_de_agentes_de_control_biologico

González, LG; Falcón, A; Jiménez, MC; Jiménez, L; Silvente, J; Terrero, JC. 2012. Evaluación de tres dosis del bioestimulante quitosano en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus*) en un periodo tardío (en línea) (6p.). Consultado 2 ago. 2017. Disponible en: <file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/Dialnet-EvaluacionDeTresDosisDelBioestimulanteQuitosanaEnE-5271963.pdf>

González Peña, FD; Falcón R, A; Gómez I, G; Fernández M, A. 2013. La quitosana: potencialidades antimicrobianas contra hongos y oomycetes (en línea). Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal. La Habana, Cuba. *Fitosanidad* 17 (2): 111-115.

Consultado 14 jun. 2017. Disponible en:
<http://www.redalyc.org/pdf/2091/209129890009.pdf>

González C, JC; Maruri G, JM; González A, A. 2005. Evaluación de diferentes concentraciones de *Trichoderma* sp. contra *Fusarium oxysporum* agente causal de la pudrición de plántulas en papaya (*Carica papaya* L.) en Tuxpan, Veracruz, México (en línea). Revista UDO Agrícola 5(1): 45-47. Consultado 14 mayo 2017. Disponible en: <http://biblat.unam.mx/es/revista/revista-udo-agricola/articulo/evaluacion-de-diferentes-concentraciones-de-trichoderma-spp-contra-fusarium-oxysporum-agente-causal-de-la-pudricion-de-plantulas-en-papaya-carica-papaya-l-en-tuxpan-veracruz-mexico>

Granata, G; Faedda, R; Ochoa, MJ. 2018. Enfermedades del nopal. *En: Ecología del cultivo, manejo y usos del nopal*. FAO (en línea). p. 119-127. Consultado 30 ago. 2019. Disponible en: <http://www.fao.org/3/i7628es/I7628ES.pdf>

Green fingers. 2017. Prickly pear leaf spot: Treatment for *Phyllosticta* fungus in cactus (en línea). Consultado 4 mar. 2018. Disponible en <https://es.gardenmanage.com/statuses/1000143751.html>

Griffith, MP. 2004. The origins of an important cactus crop, *Opuntia ficus-indica* (cactaceae): new molecular evidence (en línea). American Journal of Botany 91(11): 1915-1921. Consultado 22 ago. 2019. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/51200911> The Origins of an Important Cactus Crop *Opuntia ficus-indica* Cactaceae New Molecular Evidence

Griffiths, D. 1914. “Reversión” in prickly pears (en línea). Journal of heredity 5(5): 22-225. Consultado 4 set. 2019. Disponible en: <https://academic.oup.com/jhered/article-abstract/5/5/222/771357?redirectedFrom=fulltext>

Gross, J; Ligges, U. 2015. “nortest”: Five omnibus tests for testing the composite hypothesis of normality. R package, version 1.0-2. <https://cran.r-project.org/web/packages/nortest/nortest.pdf>

Gryzenhout, M; Fouche, H.J; Swart, WJ. 2017. First Report of a Serious Cladode Disease of *Opuntia ficus-indica* (Prickly Pear) in South Africa caused by *Bisifusarium lunatum* (en línea). Disease notes. APS publications. Plan disease 101 (12): 2148-2148. Consultado 28 mar. 2019. Disponible en: <https://apsjournals.apsnet.org/doi/10.1094/PDIS-03-17-0377-PDN>

Guillén Sánchez, D; Hernández Perez, R; Andrade Rodríguez, M; López Martínez, V; Alia Tejacal I; Juárez López, P. 2017. Eficacia de seis fungicidas en el control de *Mycosphaerella citri* Whiteside en naranja, Var. 'Valencia' en Tlayecac, Morelos, México (en línea). Revista Centro Agrícola 44 (3): 71-79

Harman, GE. 2006. Overview of mechanisms and uses of *Trichoderma* spp. (en línea). Phytopathology 96(2): 190-194. Consultado 15 jul. 2017. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18943924>

Hassanein, NM. 2012. Biopotential of some *Trichoderma* spp. against cotton root rot pathogens and profiles of some of their metabolites (en línea). African Journal of Microbiology Research 6(23): 4878-4890. Consultado 4 jul. 2018. Disponible en <https://pdfs.semanticscholar.org/5532/df9c83039d5fd4521a0d429a6d7714bab298.pdf>

Hernandez Gutierrez, L. 1993. Plagas y enfermedades del nopal en México. Universidad Autónoma de Chapingo. Reporte de investigación. 52 p.

Hernández, E; Mora, G; Tlapal, B; Rodríguez, E; Alvarado, D. 2014. Efecto de intensidad inicial de enfermedad en la caracterización temporal y espacial de la mancha negra del nopal (*Opuntia ficus-indica*) (en línea). Revista Mexicana de Fitopatología 32(2): 132-146. Consultado 26 nov. 2019. Disponible en <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmfi/v32n2/2007-8080-rmfi-32-02-00132-en.pdf>

Hernández, AN; Bautista, S; Velázquez, MG; Rodríguez, SL; Corona, ML; Solano, A. 2005. Potencial del quitosano en el control de las enfermedades de postcosecha (en línea). Revista Mexicana de Fitopatología 23 (2): 198-205. México. Consultado 8 mayo 2017. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/612/61223214.pdf>

Hofgaard, IS; Ergon, A; Henriksen, V; Tronsmo, AM. 2010. The effect of potential resistance inducers on development of *Microdochium majus* in winter wheat (en línea). Eur J Plant Pathol 128: 269-281. Consultado 10 set. 2020. Disponible en <https://www.researchgate.net/publication/226511472> The effect of potential resistance inducers on development of *Microdochium majus* and *Fusarium culmorum* in winter wheat

Inglese, P; Liguori, G; De la Barrera, E. 2018. Ecofisiología y biología reproductiva del nopal. En: Ecología del cultivo, manejo y usos del nopal. FAO (en línea). p. 31-42. Consultado 3 set. 2019. Disponible en: <http://www.fao.org/3/i7628es/I7628ES.pdf>

INTAGRI. 2017a. Fosfito como Bioestimulante en la Agricultura (en línea). México. Artículos técnicos de INTAGRI. Serie Nutrición Vegetal 99: 4p. Consultado 8 dic. 2018. Disponible en: <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/fosfito-como-bioestimulante-en-la-agricultura>

INTAGRI. 2017b. La inducción de defensa en las plantas a través de elicitores (en línea). México. Artículos técnicos de INTAGRI. Serie Fitosanidad 92: 6p. Consultado 10 nov. 2018. Disponible en: <https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/la-induccion-de-defensa-en-las-plantas-a-traves-de-elicitores>

Jiménez Jiménez, J. 2017. Determinación de la hora óptima del día para la cosecha del nopal de verdura (*Opuntia ficus-indica*). Tesis Ing. Agr. en horticult. Torreón, Coahuila, UAAAN. 37 p.

Kay, M; Elkin, LA; Higgins, JJ; Wobbrock, JO. 2021. “ARTool”: Aligned Rank Transform. R package, version 0.11.0. <https://cran.r-project.org/web/packages/ARTool/ARTool.pdf>

Kiesling, R; Metzger, D. 2018. Origen y taxonomía de *Opuntia ficus-indica*. En: Ecología del cultivo, manejo y usos del nopal (en línea). FAO. p. 13-19. Consultado 14 oct. 2020. Disponible en: <http://www.fao.org/3/i7628es/I7628ES.pdf>

Laureano Ahuelicán, B; Moreno Velásquez, M; Hernández Ramos, L; Alvarado Rosales, D; Martínez Domínguez, E; Saavedra Romero, L; Quezada Salinas, A. 2021. Etiología de la costra negra del Nopal (*Opuntia ficus-indica*) en México (en línea). Publicación anticipada en línea. Revista Mexicana de Fitopatología 39 (2): 1-10. Consultado 13 set. 2021. Disponible en: <https://www.smf.org.mx/rmf/ojs/index.php/RMF/article/view/244/0>

Lavilla, M; Ivancovich, A. 2016. Propuesta de escalas para la evaluación, a campo y en laboratorio, del “tizón foliar” y “la mancha púrpura de la semilla”, causadas por *Cercospora kikuchii*, en soja (en línea). INTA. 7 p. Consultado 30 abr. 2018. Disponible en:

https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_pergamino_propuestas_de_escalas_para_la_evaluacion_a_campo_y_en_laboratorio_del_tizon_foliar_y_la_mancha_purpura_de_la_semilla_en_soja.pdf

Lárez Velásquez, C. 2008. Algunas potencialidades de la quitina y el quitosano para usos relacionados con la agricultura en Latinoamérica (en línea). Revista UDO Agrícola 8 (1): 1-22. Consultado 18 jun. 2017. Disponible en: <http://www.bioline.org.br/pdf?cg08002>

Lenth, R. 2021. “emmeans”: Estimated Marginal Means, aka Least-Squares Means. R package, version 1.6.2-1. <https://cran.r-project.org/web/packages/emmeans/emmeans.pdf>

Leslie, JF; Summerell, BA. 2006. The *Fusarium* laboratory manual (en línea). Blackwell Publishing. USA. 388 p. Consultado 16 oct. 2018. Disponible en: <file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/TheFusariumLaboratoryManual.pdf>

Lombard, L; Van Der Merwe, NA; Groenewald, JZ; Crous, PW. 2015. Generic concepts in Nectriaceae (en línea). Studies in Mycology 80: 189-245. Consultado 14 oct. 2019. Disponible en <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0166061614000542?token=71B00C367A6E5A95203EAF8431F39800AC62FB5F4F3B3818AC3BF2AAC751ACEE1F0641911113BE49F4F821DD4F340672&originRegion=us-east-1&originCreation=20210908200546>

Lovatt, CJ; Mikkelsen, RL. 2006. Phosphite fertilizers: What are they? Can you use them? What can they do? (en línea). California. Better Crops 90 (4): 11-13. Consultado 12 jun. 2017. Disponible en: http://www.spectrumanalytic.com/support/library/pdf/Phosphite_Fertilizers_What%20are%20they.pdf

Lobos L, G; Veas V, A; Balbontín N, C; Franck B, N; Portilla S, A. 2017. Manejo hídrico en frutales bajo condiciones edafoclimáticas de Limarí y Choapa (en línea). INIA INTIHUASI. Chile. Boletín INIA no. 355: 1-58. Consultado 4 nov. 2019. Disponible en <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR40746.pdf>

Madriz Ordeaña, K. 2002. Mecanismo de defensa en las interacciones planta-patógeno (en línea). Costa Rica. Manejo integrado de plagas no. 63: 22-32. Consultado 18 mayo 2017. Disponible en: <http://www.sidalc.net/repdoc/a2097e/a2097e.pdf>

Manna, M; Achary, VMM; Islam, T; Agrawal, PK; Reddy, MK. 2016. The development of the phosphite mediated fertilization and weed control system for rice (en línea). Scientific Reports 6: 1-12. Consultado 8 feb. 2020. Disponible en <https://www.nature.com/articles/srep24941>

Martínez, B; Infante, D; Reyes, Y. 2013. *Trichoderma* spp. y su función en el control de plagas en los cultivos (en línea). La Habana. Revista de Protección Vegetal 28 (1): 1-11. Consultado 22 jul. 2017. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-27522013000100001

Martínez Padrón, HY; Osorio Hernández, EO; Estrada Drouaillet, B; López Santillán, JA; Varela Fuentes, SE; Torres Castillo, JA. 2017. Control biológico de fitopatógenos mediante aislados de *Trichoderma* spp (en línea). Agroproductividad. 10 (3): 9-14. Consultado 2 mayo 2017. Disponible en: <http://dspace.uan.mx:8080/bitstream/123456789/2147/1/REQUERIMIENTOS%20NUTRI%20MENTALES%20DE%20LA%20FLOR%20AVE%20DE%20PARAISO%20%28STRELI%20TZIA%20REGINAE%20AITON%29.pdf#page=11>

Mastovska, K. 2008. Azoxystrobin (229) (en línea). USA. FAO. 202 p. Consultado 15 jul. 2017. Disponible en: https://www.fao.org/fileadmin/user_upload/IPM_Pesticide/JMPR/Evaluations/2008/Azoxystrobin.pdf

Melgarejo, P; De Cal, A. 2006. Biofungicidas y control biológico de hongos fitopatógenos: Aplicación en la filósfera (en línea). Comunicación técnica. Phytohemeroteca n° 182. s.p. Consultado 20 dic. 2018. Disponible en: <https://www.phytoma.com/la-revista/phytohemeroteca/182-octubre-2006/biofungicidas-y-control-biologico-de-hongos-fitopatgenos-aplicacin-en-la-filosfera>

Menza F, HD; Peláez P, MJ. 2016. Epidemiología de la muerte descendente del cafeto (*Phoma* spp) en tres sistemas de producción de café (en línea). Cenicafé, 67(2): 66-77. Consultado 2 dic. 2019. Disponible en: <https://www.cenicafe.org/es/publications/5.Epidemiolog%C3%ADa.pdf>

Mercado Muñoz, F. 2014. Diversidad y sistemática del género *Opuntia* s.s., en la región de los Cabos, Baja California Sur, México (en línea). Tesis de Mag. Cs. Uso, manejo y preservación de los recursos naturales. Orientación Ecología de zonas áridas. La Paz. México. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. 116 p. Consultado 28 oct. 2020. Disponible en: http://dspace.cibnor.mx:8080/bitstream/handle/123456789/274/mercado_f.pdf?sequence=1&isAllowed=y

MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Riego, PE). 2019. Anuario estadístico de la producción agrícola 2018 (en línea). Lima, Perú. 371 p. Consultado 20 nov. 2020. Disponible en: https://siea.midagri.gob.pe/portal/phocadownload/datos_y_estadisticas/anuarios/agricola/agricola_2018.pdf

Mont, RM. 2002. Manejo integrado de enfermedades de las plantas. Lima. Perú. Servicio Nacional de Sanidad Agraria. 210 p.

Monroy, LM. 2010. Plagas y enfermedades del nopal (*Opuntia ficus-indica* Berg) (en línea). Tecno Agro no. 52. s.p. Consultado 14 nov. 2020. Disponible en <https://tecnoagro.com.mx/no.-52/plagas-y-enfermedades-del-nopal-opuntia-ficus-indica-berg>

Mora, M. 2018. Mercado, estrategias y limitaciones de comunicación. *En: Ecología del cultivo, manejo y usos del nopal*. FAO (en línea). p. 199-206. Consultado 8 jun. 2019. Disponible en: <https://www.fao.org/3/i7628es/I7628ES.pdf>

Naturagro S.A. 2021. Bio BG Moss (activador radicular y foliar) (en línea). Consultado 8 set. 2021. Disponible en: <https://naturagro.net/bio-bg-moss/>

OCEX MILAN (Oficina Comercial del Perú en el Exterior, IT). 2016. El cultivo de la tuna en Italia. Reporte de inteligencia no. 2: 1-13. Consultado 10 nov. 2019. Disponible en https://www.mincetur.gob.pe/wp-content/uploads/documentos/oficinas_comerciales/informacionInteres/Estudio_Producto_Tuna.pdf

Ogoshi, C; Abreu, MS de; Silva, BM da; Neto, HS; Ribeiro Júnior, PM; Resende, MLV de. 2013. Potassium phosphite: a promising product in the management of diseases caused by *Colletotrichum gloeosporioides* in coffee plants (en línea). *Biosci. J., Urbelandia* 29 (1): 1558-1565. Consultado 14 mar. 2019. Disponible en: <file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/17148-93844-1-PB.pdf>

Ochoa, M.J; Barbera, G. 2018. Historia e importancia agroecológica y económica del nopal. *En: Ecología del cultivo, manejo y usos del nopal* (en línea). FAO. p 1-11. Consultado 4 feb. 2020. Disponible en: <http://www.fao.org/3/i7628es/I7628ES.pdf>

Ochoa, MJ; Rivera, LA; Arteaga, RI; Martínez Peña, MD; Ireta, J; Portillo, L. 2015. Black spot caused by *Pseudocercospora opuntiae* in cactus pear productive systems of Jalisco, México. *JPACD* 17: 1-12. Consultado 25 nov. 2019. Disponible en:

https://pdfs.semanticscholar.org/e200/8ed7b1c342f192e7100606b67901a6869c8f.pdf?_ga=2.122170499.908066784.1574792549-1788118479.1548257106

Pan, H; Chen, MY; Deng, L; Wang, ZP; Li, L; Zhong, CH. 2018. First report of *Didymella glomerata* causing Black spot disease of kiwifruit in china (en línea). Disease notes. Plant Disease 102 (12): 2654-2654. Consultado 14 jul.2019. Disponible en: <https://apsjournals.apsnet.org/doi/full/10.1094/PDIS-04-18-0583-PDN>

Papavizas GC; Lewis JA; Abd-Eltmoity, TH. 1982. Evaluation of new biotypes of *Trichoderma harzianum* for tolerance to benomyl and enhanced biocontrol capabilities (en línea). *Phytopathology* 72: 126-132. Consultado 14 agos 2018. Disponible en https://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1982Abstracts/Phyto72_126.htm

Perelló, AE; Moreno, V; Mónaco, C; Cordo, CA. 2006. Effect of *Trichoderma harzianum* and *Trichoderma koningii* on the control of tan spot (*Pyrenophora tritici-repentis*) and leaf blotch (*Mycosphaerella graminicola*) of wheat under field conditions in Argentina (en línea). Biocontrol Science and Technology 16 (8): 803-813. Consultado 12 dic. 2019. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/232903838_The_effect_of_Trichoderma_harzianum_and_T_koningii_on_the_control_of_tan_spot_Pyrenophora_tritici-repentis_and_leaf_blotch_Mycosphaerella_graminicola_of_wheat_under_field_conditions_in_Argentina

Picos Muñoz, P.A; García Estrada, RS; León Felix, J; Sañudo Barajas, A; Allende Molar, R. 2015. *Lasiodiplodia theobromae* en Cultivos Agrícolas de México: Taxonomía, Hospedantes, Diversidad y Control (en línea). Revista Mexicana de Fitopatología 33 (1): 54-74. Consultado 4 set. 2019. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33092015000100054

Pimienta Barrios, E. 1992. El Nopal (*Opuntia* spp.): una alternativa ecológica productiva para las zonas áridas y semiáridas. En: Memorias. II Simposio y I Reunión nacional.

Agricultura sostenible: Un enfoque ecológico, socioeconómico y de desarrollo tecnológico. México. Comisión de estudios ambientales e Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. p 91-102. Consultado 28 Mayo 2017. Disponible en [https://books.google.com.pe/books?id=LDUqAAAAYAAJ&pg=PA91&lpg=PA91&dq=El+nopal+\(opuntia+spp.\):+Una+alternativa+ecologica+productiva&source=bl&ots=DskdD_bOdy&sig=ACfU3U1DCbMa0JuxmkNh9YnQ3HNSpvwebw&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiJ94utzZ_mAhV1IrkGHQMeB00Q6AEwAHoECAkQAO#v=onepage&q=El%20nopal%20\(opuntia%20spp.\)%3A%20Una%20alternativa%20ecologica+productiva&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=LDUqAAAAYAAJ&pg=PA91&lpg=PA91&dq=El+nopal+(opuntia+spp.):+Una+alternativa+ecologica+productiva&source=bl&ots=DskdD_bOdy&sig=ACfU3U1DCbMa0JuxmkNh9YnQ3HNSpvwebw&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiJ94utzZ_mAhV1IrkGHQMeB00Q6AEwAHoECAkQAO#v=onepage&q=El%20nopal%20(opuntia%20spp.)%3A%20Una%20alternativa%20ecologica+productiva&f=false)

Pohlert, T. 2018. "PCMRM": Calculate Pairwise Multiple Comparisons of Mean Rank Sums. R package, version 4.3. <https://cran.r-project.org/web/packages/PMCMR/PMCMR.pdf>

Prat, L; Franck, N; Sudsuki, F. 2018. Morfología y anatomía de las platyopuntias. *En: Ecología del cultivo, manejo y usos del nopal*. FAO (en línea). p. 21-28. Consultado 3 set. 2019. Disponible en: <http://www.fao.org/3/i7628es/I7628ES.pdf>

Proyectos peruanos. 2020. Cultivo de tunas (en línea). s.p. Consultado 18 abr. 2021. Disponible en: http://proyectosperuanos.com/siembra_y_cultivo_de_tunas/

Potgieter, J; D'Aquino, S. 2018. Producción de tuna y manejo postcosecha. *En: Ecología del cultivo, manejo y usos del nopal*. FAO (en línea). p. 53-73. Consultado 3 set. 2019. Disponible en: <http://www.fao.org/3/i7628es/I7628ES.pdf>

R Core Team 2021. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

Reyes A, JA; Aguirre R, JR; Hernández, HM. 2005. Notas sistemáticas y una descripción detallada de *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. Cactaceae (en línea). *Agrociencia* 39 (4): 395-408. Colegio de postgraduados. México. Consultado 24 mayo 2019. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/302/30239404.pdf>

Rodríguez Pedroso, TA; Ramírez Arrebato, MA; Rivero González, D; Bosquez Molina, E; Barrera Necha, LL; Bautista Baños, S. 2009. Propiedades químico - estructurales y actividad biológica de la quitosana en microorganismos fitopatógenos (en línea). Revista Chapingo. Serie Horticultura 15 (3): 307-317. Consultado 12 jul. 2017. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1027-152X2009000500012

Rodríguez Mendoza, CA; Hernández, LR; Pérez Armendáriz, B; Juárez, ZN. Bacterias y hongos endófitos de la familia cactaceae y sus aplicaciones (en línea). Rev. Esp. Cienc. Quim. Biol. 24: 1-14. Consultado 2 oct. 2021. Disponible en: <http://132.248.60.101/index.php/tip/article/view/328/339>

Rodríguez, RJ; White, JF; Arnold, AE; Redman, RS. 2009. Fungal endophytes: diversity and functional roles (en línea). New Phytologist 182 (2): 1-17. Consultado 28 oct. 2019. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/24034306_Fungal_endophytes_Diversity_and_functional_roles

Ruíz Sánchez, E; Mejía Bautista, MA; Serrato Díaz, A; Reyes Ramírez, A; Estrada Girón, Y; Valencia Botín, AJ. 2016. Antifungal activity and molecular identification of native strains of *Bacillus subtilis* (en línea). Agrociencia 50 (2): 133-148. Texoco. México. Consultado 4 ago. 2017. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30244591001>

Sáenz, C; Berger, H; Corrales, J; Galleti, L; García, V; Higuera, I; Mondragón, C; Rodríguez, A; Sepúlveda, E; Varnero, M. 2006. Utilización agroindustrial del Nopal (en línea). Boletín de servicios agrícolas de la FAO 162: 165 p. Roma. Consultado 6 jul. 2017. Disponible en <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/120301/Utilizacion-agroindustrial-del-nopal.pdf?sequence=1>

Sánchez Fernández, RE; Sánchez Ortiz, BL; Sandoval Espinosa, YKM; Ulloa Benítez, A; Armendáriz Guillén, B; García Méndez, M.C., Macías Rubalcava, ML. 2013. Hongos endófitos: fuente potencial de metabolitos secundarios bioactivos con utilidad en

agricultura y medicina (en línea). TIP Rev. Esp. Cienc. Quim. Biol. 16 (2): 132-146. México. Consultado 22 mar. 2018. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-888X2013000200006

Schroers, HJ; O'Donnell, K; Lamprecht, SC; Kammeyer, PL; Jhonson, S; Sutton, DA; Rinaldi, MG; Geiser, DM; Summerbell, RC. 2009. Taxonomy and Phylogeny of the *Fusarium dimerum* species group (en línea). Mycología 101 (1): 44 – 70. Consultado 20 feb. 2019. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/24187051 Taxonomy and phylogeny of the Fusarium dimerum species group](https://www.researchgate.net/publication/24187051_Taxonomy_and_phylogeny_of_the_Fusarium_dimerum_species_group)

Segantini, DM; Torres, LM; Boliani, AC; Leonel, S. 2009. Fenología da figueira-da-índia em selvíria – MS (en línea). Comunicação científica. Fitotecnia. Rev. Bras. Frutic. 32(2): 630-636. Consultado 18 dic. 2019. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/SdPyFvyBfQRkyBgY8qBQ5Cg/?lang=pt&format=pdf>

SERFI. 2021. TRICHO D (en línea). Ficha técnica. Consultado 16 set. 2021. Disponible en: <https://s3.amazonaws.com/serfi-cdn/uploads/2020/02/13203632/Ficha-T%C3%A9cnica-TRICHO-D-v06.2021.pdf>

SIICEX (Sistema Integrado de Información de Comercio Exterior, PE). s.f. Tuna (en línea). Consultado 6 jun. 2019. Disponible en <http://www.siicex.gob.pe/siicex/resources/fichaproducto/Tuna.pdf>

Silvestre. 2015. Bio-Splent (en línea). Ficha técnica 18: 1-4. Consultado mayo 2017. Disponible en: http://www.silvestre.com.pe/site/images/Fichas_Tecnicas/FT_BIO-SPLENT_70_WP_18.pdf

Simko, I; Piepho, HP. 2012. The Área Under the Disease Progress Stairs: Calculation, Advantage and Application (en línea). Phytopathology 102 (4): 381-389. Consultado 18 feb 2019. Disponible en: <https://apsjournals.apsnet.org/doi/pdfplus/10.1094/PHYTO-07-11-0216>

Soltagro. 2018. Oficial 500 WG (en línea). Consultado 30 jun. 2019. Disponible en: https://www.soltagro.com/images/productos/hoja-tecnica/oficial_ft.pdf

Stein, T. 2005. *Bacillus subtilis* antibiotics: structures, syntheses and specific functions (en línea). *Molecular Microbiology* 56 (4): 845-857. Consultado 14 jul. 2017. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/j.1365-2958.2005.04587.x>

Swart, WJ; Swart, VR. 2003. An overview of research on diseases of Cactus Pear in South Africa (en línea). *Journal of the Professional association for Cactus Development* ene. 2003: 115-120 Consultado 5 feb. 2020. Disponible en [file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/An Overview of Research on Diseases of Cactus Pear.pdf](file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/An%20Overview%20of%20Research%20on%20Diseases%20of%20Cactus%20Pear.pdf)

Tesoriere, L; Butera, D; Pintaudi, AM; Allegra, M; Livrea, MA. 2004. Supplementation with cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) fruit decreases oxidative stress in healthy humans: a comparative study with vitamin C (en línea). *The American Journal of Clinical Nutrition* 80 (2): 391-395. Consultado nov. 2018. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15277160/>

Tuite, J. 1969. *Plant Pathological Methods Fungi and Bacteria*. Burgess Publishing Company. EE.UU. 239 p.

Valenzuela López, N; Cano Lira, JF; Guarro, J; Sutton, DA; Wiederhold, N; Crous, PW; Stchigel, AM. 2018. Coelomycetous Dothideomycetes with emphasis on the families Cucurbitariaceae and Didymellaceae (en línea). *Studies in Mycology* 90: 1 – 69. Consultado 19 nov. 2020. Disponible en: [file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/Coelomycetous_Dothideomycetes_with_emphasis_on_the%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/Coelomycetous_Dothideomycetes_with_emphasis_on_the%20(2).pdf)

Van der Plank, J.E. 1975. *Principles of plant infection*. Academic Press, New York. 150 p.

Villagomez Izaguirre, M. 2000. *Cultive tunas y tendrá buenos ingresos* (en línea). INIA. Serie Folleto 10. 18 p. Lima Perú. Consultado 4 set. 2017. Disponible en: <http://pgc->

snia.inia.gob.pe:8080/jspui/bitstream/inia/1000/1/Villagomez-
Cultive_tunas_y_tendr%C3%A1_buenos_ingresos.pdf

Vinchira Villarraga, DM; Moreno Sarmiento, N. 2019. Control biológico: Camino a la agricultura moderna (en línea). Rev. Colomb. Biotecnol. 21 (1): 2-5. Consultado 23 set. 2020. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/80860/pdf>

Yáñez Juárez, MG; López Orona CA; Ayala Tafoya, F; Partida Ruvalcaba, L; Velásquez Alcaraz, TJ; Medina López, R. 2018. Los fosfitos como alternativa para el manejo de problemas fitopatológicos (en línea). Revista Mexicana de Fitopatología 36 (1): 79-94. Consultado 2 nov. 2020. Disponible en http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33092018000100079

Zimmermann, HG; Granata, G. 2002. Insect pests and diseases. *In: Cacti, biology and uses* (en línea). University of California Press. Cap. 14 p. 235 – 254. Consultado 13 abr. 2019. Disponible en: https://www.academia.edu/5103591/Cacti_Biology_and_Uses

Zohora, US; Ano, T; Rahman, MS. 2016. Biocontrol of *Rhizoctonia solani* K1 by Iturin a Producer *Bacillus subtilis* RB14 seed treatment in tomato plants (en línea). Advances in Microbiology 6 (6): 424-431. Consultado 8 nov. 2019. Disponible en: <https://www.scirp.org/journal/paperinformation.aspx?paperid=66457>

IX. ANEXOS

Anexo 1: Análisis de variancia para el porcentaje de Incidencia, como efecto de los tratamientos en el control de la mancha necrótica del cultivo de Tunal, Tarata, 2017.

	G.L.	G.L.res	Valor F	Pr(>F)	
Producto	6	418	546.36569	< 2.22e-16	***
Vía	1	418	5.49142	0.01957789	*
Día	14	418	2.74008	0.00068251	***
Producto:vía	6	418	77.24671	< 2.22e-16	***
Producto:día	84	418	9.46376	< 2.22e-16	***
Vía:día	14	418	0.70883	0.76599297	
Producto:vía:día	84	418	0.68982	0.98057405	

Anexo 2: Análisis de variancia para el porcentaje de control de la mancha necrótica del tunal variedad blanca, como efecto de los tratamientos, Tarata, 2017.

	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr(>F)	
Producto	5	1435.5	287.11	7.821	9.23E-05	***
Vía	1	0.3	0.32	0.009	0.926	
Residuales	29	1064.6	36.71			

Anexo 3: Análisis de variancia para el porcentaje de Severidad, como efecto de los tratamientos en el control de la mancha necrótica en cultivo de Tunal, Tarata, 2017.

	G.L.	G.L.res	Valor F	Pr(>F)	
Producto	6	418	164.4803	< 2.22e-16	**
Vía	1	418	1.8923	0.16967	
Día	14	418	21.1821	< 2.22e-16	**
Producto:vía	6	418	93.5185	< 2.22e-16	**
Producto:día	84	418	16.5262	< 2.22e-16	**
Vía:día	14	418	1.2844	0.2134	
Producto:vía:día	84	418	1.8706	3.30E-05	**

Anexo 4: Análisis de variancia para ABCPE transformado del efecto de los productos con actividad bioestimulante y biofungicida, para el control de la mancha necrótica en tuna, variedad blanca, con un nivel de significancia de 0,05, Tarata, 2017.

	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr(>F)	
Producto	6	0.7571	0.12619	104.357	< 2e-16	***
Via	1	0.0003	0.00028	0.228	0.6369	
Producto:Via	6	0.0337	0.00561	4.64	0.00216	**
Residuals	28	0.0339	0.00121			

Anexo 5: Ficha de registro de evaluación de la incidencia y severidad (%) de la mancha plateada en tuna, variedad blanca, Tarata, 2017.

Trat.	Bloq.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1Qd	I															
1Qd	II															
1Qd	III															
2LId	I															
2LId	II															
2LId	III															
3FPd	I															
3FPd	II															
3FPd	III															
4TAd	I															
4TAd	II															
4TAd	III															
5BSd	I															
5BSd	II															
5BSd	III															
6THd	I															
6THd	II															
6THd	III															
7Td	I															
7Td	II															
7Td	III															

8Qf	I																
8Qf	II																
8Qf	III																
9LIf	I																
9LIf	II																
9LIf	III																
10FPf	I																
10FPf	II																
10FPf	III																
11TAf	I																
11TAf	II																
11TAf	III																
12BSf	I																
12BSf	II																
12BSf	III																
13THf	I																
13THf	II																
13THf	III																
14Tf	I																
14Tf	II																
14Tf	III																

Anexo 6: Composición y preparación del Agar Opuntia según Ayala et al. (2006)

- 40 g de cladodios de Opuntia
- 20 g de agar
- 1 litro de agua destilada.

Preparación:

Se hierve 40 g de cladodio previo lavado y se hierve durante 10 minutos, se filtra, se repone el volumen inicial y se agrega el agar. Se homogeniza y se disuelve los componentes por calentamiento en baño maría.

Anexo 7: Porcentaje de incidencia semanal de los tratamientos para el control de la mancha plateada en tuna, variedad blanca, Tarata, 2017.

Bloque	Tratam.	24-Set-17	1-Oct-17	8-Oct-17	15-Oct-17	22-Oct-17	29-Oct-17	5-Nov-17	12-Nov-17	19-Nov-17	26-Nov-17	3-Dic-17	10-Dic-17	17-Dic-17	24-Dic-17	31-Dic-17
1	1	40,5	38,6	37,7	36,8	33,9	33,9	32,9	32,5	31,1	29,9	28,5	28,5	26,5	26,5	26,5
2	1	52,4	50,8	47	47	47	46,2	46,2	38,8	36,4	36,4	36,4	36,4	36,4	36,4	36,4
3	1	50,6	47,3	46,3	46,3	45,3	45,3	43,3	37,7	37,7	37,6	36,8	35,3	35,3	35,3	35,3
1	2	42,4	41,9	41,9	41,9	40,7	38,1	33,9	33,9	33,9	33,9	33,9	33,9	33,9	33,9	33,9
2	2	51,8	51,8	51,8	51,8	47,7	46,3	46,3	46,3	46,3	46,3	46,3	46,3	46,3	46,3	46,3
3	2	54,9	54,9	54,9	53,9	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53
1	3	30,7	30,7	30,7	30,7	29,5	28,6	28,6	28,6	28,6	28,6	28,6	28,6	28,6	28,6	28,6
2	3	34,6	34,6	34,6	34,6	30,8	30,3	30,3	30,3	30,3	30,3	30,3	30,3	30,3	30,3	30,3
3	3	31,8	31,8	31,1	31,1	29,6	28,9	28,9	28,9	28,9	28,9	28,9	28,9	28,9	28,9	28,9
1	4	48,9	48,9	48,9	48,9	48,9	48,9	46,7	46,7	46,7	46,7	46,7	46,7	46,7	46,7	46,7
2	4	61,8	61,8	61,8	60,5	59,1	59,1	59,1	59,1	59,1	59,1	59,1	59,1	59,1	59,1	59,1
3	4	56,7	56,7	56,7	56,7	53,5	53,5	53,5	53,5	53,5	53,5	53,5	53,5	53,5	53,5	53,5
1	5	37	37	37	37	35,5	32,6	32,6	32,1	32,1	32,1	32,1	32,1	32,1	32,1	32,1
2	5	43,3	43,3	42	41,2	36,8	36,8	36,8	36,8	36,8	36,8	36,8	36,8	36,8	36,8	36,8
3	5	45,2	44,6	44,6	43,9	38,8	38,8	38,8	38,8	38,8	38,8	38,8	38,8	38,8	38,8	38,8
1	6	24,6	23,2	23,2	22,8	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6
2	6	40	40	40	40	37,1	37,1	37,1	37,1	37,1	37,1	37,1	37,1	37,1	37,1	37,1
3	6	41	41	38,8	36,6	36,6	36,6	36,6	36,6	36,6	36,6	36,6	36,6	36,6	36,6	36,6
1	7	52,8	54,2	54,7	59,9	61,5	67,3	69,4	73,1	83,3	83,3	83,3	83,3	83,3	83,3	83,3
2	7	54	56,4	59,7	62,3	69,4	71,1	74,3	78,6	83,5	90,9	90,9	91,6	91,7	91,7	91,7
3	7	56,6	56,6	60,3	60,3	65,8	65,8	73,4	73,4	79,5	79,5	88,7	90,6	90,6	90,6	90,6
1	8	43,3	40,6	32,7	31,5	31,5	31,5	31,5	26,4	26,4	26,4	26,4	26,4	26,4	26,4	26,4
2	8	53,9	49,4	45,8	42,7	41,1	41,1	41,1	41,1	40,3	38,2	38,2	38,2	38,2	38,2	38,2
3	8	43,6	43,6	43	42,4	38,5	38,5	38,5	37,1	37,1	34,7	33,3	33,3	33,3	33,3	33,3
1	9	39,8	39,8	38,3	38,3	37,1	36,7	36,7	36,7	36,7	36,2	36,2	36,2	36,2	36,2	36,2

Continua

2	9	53,4	53,4	49,5	48,4	47,8	47,8	46,2	46,2	46,2	46,2	46,2	46,2	46,2	46,2	46,2
3	9	46,9	46,9	44,7	42,8	42,8	42,8	42,8	42,8	42,8	42,8	42,8	42,8	42,8	42,8	42,8
1	10	39,5	34,2	34,2	33,6	33,6	33	31,4	31,4	31,4	31,4	31,4	31,4	31,4	31,4	31,4
2	10	45,8	44,6	40	40	38,6	37,1	37,1	37,1	36,5	36,5	35,7	35,7	35,7	35,7	35,7
3	10	43,2	42,3	39,1	39,1	38,6	36,7	36,7	35,4	35,4	35,4	35,4	35,4	35,4	35,4	35,4
1	11	42	41,5	41,5	41	41	41	39,2	39,2	39,2	39,2	39,2	39,2	39,2	39,2	39,2
2	11	53,5	50,9	49,1	49,1	49,1	49,1	49,1	49,1	49,1	49,1	49,1	49,1	49,1	49,1	49,1
3	11	55	50,6	49,2	49,2	49,2	49,2	49,2	49,2	49,2	49,2	49,2	49,2	49,2	49,2	49,2
1	12	35,1	34,5	31,5	31,2	31,2	31,2	31,2	29,9	29,9	29,9	29,9	29,9	29,9	29,9	29,9
2	12	46,2	39,7	38,3	38,3	38,3	38,3	38,3	37,6	37,6	37,6	37,6	37,6	37,6	37,6	37,6
3	12	45,6	44,1	41,1	41,1	41,1	41,1	41,1	41,1	41,1	41,1	41,1	41,1	41,1	41,1	41,1
1	13	34,1	33,1	30,7	29,4	29,4	29,4	29,1	29,1	29,1	29,1	29,1	29,1	29,1	29,1	29,1
2	13	46,7	44,4	41,2	41,2	41,2	41,2	40,6	40,6	40,6	40,6	40,6	40,6	40,6	40,6	40,6
3	13	53,2	48,1	45,2	45,2	45,2	45,2	43,5	43,5	43,5	43,5	43,5	43,5	43,5	43,5	43,5
1	14	47,9	54	54,6	57	58,6	58,6	60,6	64,1	68	70,5	70,5	70,5	74,9	74,9	74,9
2	14	54,1	60,5	60,5	61,7	61,7	68	75,1	75,1	75,1	79,4	83,9	83,9	83,9	83,9	83,9
3	14	53,5	60,8	60,9	63	71,8	71,8	71,8	74,2	76,7	84,4	84,4	86,8	86,8	86,8	86,8

Anexo 8: Porcentaje de severidad semanal de los tratamientos para el control de la mancha plateada en tuna, variedad blanca, Tarata, 2017.

Bloque	Tratamiento	24-Sep-17	1-Oct-17	8-Oct-17	15-Oct-17	22-Oct-17	29-Oct-17	5-Nov-17	12-Nov-17	19-Nov-17	26-Nov-17	3-Dic-17	10-Dic-17	17-Dic-17	24-Dic-17	31-Dic-17
1	1	16,2	16,2	15,7	15,7	15,7	15,2	15,2	14	14	12,4	12,4	12,4	11,1	11,1	11,1
2	1	15,1	15,1	14,8	14,8	14,8	15,5	15,5	13,8	13,8	12,1	12,1	12,1	10,2	10,2	10,2
3	1	15,6	15,6	15	15	15	14,6	14,6	14,1	14,1	12,6	12,6	12,6	10,8	10,8	10,8
1	2	15	14,9	14,9	14,9	14,6	14,6	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2
2	2	14,9	14,9	14,9	14,9	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8
3	2	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1
1	3	13,7	13,7	13,7	13,7	11,3	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9
2	3	12,7	12,7	12,7	12,7	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7
3	3	14,1	14,1	13,7	13,7	13	12,7	12,7	12,7	12,7	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2
1	4	16,7	16,7	15,4	15,4	15,4	15,2	15,1	15,1	15,1	15	15	15	15	15	15
2	4	16,4	16,4	16,4	15,6	15,6	15,6	14,8	14,8	14,8	14,8	24,8	14,8	14,8	14,8	14,8
3	4	17,4	17,4	17,4	17,4	17,4	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1	15,9	15,9	15,9	15,9	15,9
1	5	16	16	16	16	15,2	13,6	13,4	13,4	13,4	13,4	13,4	13,4	13,4	13,4	13,4
2	5	17,4	17,4	16,6	16,6	16,6	16,6	16,6	16,6	16,6	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8
3	5	16,3	16,1	16,1	16,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	13,4	13,4	13,4	13,4	13,4	13,4
1	6	12	11,9	11,9	11,7	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9	9,2	9,2	9,2	9,2	9,2
2	6	15	15	15	15	13,1	13,1	13,1	13,1	13,1	11,9	11,9	11,9	11,9	11,9	11,9
3	6	16	16	15	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2	12,9	12,9	12,9	12,9	12,9	12,9	12,9
1	7	18,8	19,2	21,1	24,8	26,7	28,2	33,3	39,7	43,9	47,3	47,3	47,3	47,3	47,3	47,3
2	7	18,7	20,2	20,9	22,3	24,3	27,8	28	29,6	39,4	45,1	49,4	49,7	50	50	50
3	7	18,8	18,8	20	26	32,8	33	38,5	38,5	43,6	46	51,7	52,2	52,2	52,2	52,2
1	8	18,2	18,2	17,7	17	17	17	17	16,3	16,3	16,3	15,6	15,6	15,6	15,6	15,6
2	8	18,4	18,4	17,8	17,8	17,8	17	17	17	17	15,9	15,9	15,9	15,9	15,9	15,9
3	8	16,3	16,3	14,3	14,3	14,3	14,3	14,3	13,8	13,8	13,8	13,8	13,8	13,8	13,8	13,8

Continua

1	9	17,6	17,6	16,8	16,8	16,2	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9
2	9	18,1	18,1	17	16,7	16,7	16,7	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5
3	9	15,6	15,6	14,9	14,5	14,5	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2
1	10	13,6	12,6	12,6	12,3	12,3	12	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5
2	10	16,3	16,3	14,5	14,5	14,3	14,3	14,3	14,3	14	14	14	14	14	14	14
3	10	16,6	16,6	16,3	16,3	16,1	15,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5
1	11	14,1	14,1	14,1	13,9	13,9	13,9	13,1	13,1	13,1	13,1	13,1	13,1	13,1	13,1	13,1
2	11	17,2	17	16,5	16,5	16,5	16,5	15,9	15,9	15,9	15,9	15,9	15,9	15,9	15,9	15,9
3	11	17,4	16	15,6	15,6	15,6	15,6	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1
1	12	15,8	15,4	14,4	14,1	14,1	14,1	14,1	13,3	13,3	13,3	13,3	13,3	13,3	13,3	13,3
2	12	14,1	12	11,7	11,7	11,7	11,7	11,7	11,3	11,3	11,3	11,3	11,3	11,3	11,3	11,3
3	12	14,8	14,3	13,4	13,4	13,4	13,4	13,4	13,4	13,4	13,4	13,4	13,4	13,4	13,4	13,4
1	13	16,3	15,9	15	14,3	14,3	14,3	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	13,5	13,5	13,5	13,5
2	13	14,5	13,7	13,2	13,2	13,2	13,2	13	13	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1
3	13	17	15,4	14,6	14,6	14,6	14,6	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1
1	14	15,7	17,3	18,3	19,2	19,2	22,9	27	28,1	31,9	34,6	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9
2	14	16,8	19,6	19,6	22,2	22,2	24	30,3	30,3	34,1	34,1	40,5	40,5	40,5	40,5	40,5
3	14	16	20,8	20,8	23,2	23,2	31,2	31,2	32,8	32,8	36,9	36,9	41	41	41	41

Anexo 9: Matriz de datos del porcentaje de incidencia(I) y severidad (P) por vía de aplicación, tratamiento y día de evaluación

Bloque	Vía	Producto	I	P	Día
1	drench	Q	40.5	16.2	7
2	drench	Q	52.4	15.1	7
3	drench	Q	50.6	15.6	7
1	drench	LI	42.4	15	7
2	drench	LI	51.8	14.9	7
3	drench	LI	54.9	15.1	7
1	drench	FP	30.7	13.7	7
2	drench	FP	34.6	12.7	7
3	drench	FP	31.8	14.1	7
1	drench	TA	48.9	16.7	7
2	drench	TA	61.8	16.4	7
3	drench	TA	56.7	17.4	7
1	drench	BS	37	16	7
2	drench	BS	43.3	17.4	7
3	drench	BS	45.2	16.3	7
1	drench	TH	24.6	12	7
2	drench	TH	40	15	7
3	drench	TH	41	16	7
1	drench	T	52.8	18.8	7
2	drench	T	54	18.7	7
3	drench	T	56.6	18.8	7
1	foliar	Q	43.3	18.2	7
2	foliar	Q	53.9	18.4	7
3	foliar	Q	43.6	16.3	7
1	foliar	LI	39.8	17.6	7
2	foliar	LI	53.4	18.1	7
3	foliar	LI	46.9	15.6	7
1	foliar	FP	39.5	13.6	7
2	foliar	FP	45.8	16.3	7

Continua

3	foliar	FP	43.2	16.6	7
1	foliar	TA	42	14.1	7
2	foliar	TA	53.5	17.2	7
3	foliar	TA	55	17.4	7
1	foliar	BS	35.1	15.8	7
2	foliar	BS	46.2	14.1	7
3	foliar	BS	45.6	14.8	7
1	foliar	TH	34.1	16.3	7
2	foliar	TH	46.7	14.5	7
3	foliar	TH	53.2	17	7
1	foliar	T	47.9	15.7	7
2	foliar	T	54.1	16.8	7
3	foliar	T	53.5	16	7
1	drench	Q	38.6	16.2	14
2	drench	Q	50.8	15.1	14
3	drench	Q	47.3	15.6	14
1	drench	LI	41.9	14.9	14
2	drench	LI	51.8	14.9	14
3	drench	LI	54.9	15.1	14
1	drench	FP	30.7	13.7	14
2	drench	FP	34.6	12.7	14
3	drench	FP	31.8	14.1	14
1	drench	TA	48.9	16.7	14
2	drench	TA	61.8	16.4	14
3	drench	TA	56.7	17.4	14
1	drench	BS	37	16	14
2	drench	BS	43.3	17.4	14
3	drench	BS	44.6	16.1	14
1	drench	TH	23.2	11.9	14
2	drench	TH	40	15	14
3	drench	TH	41	16	14

Continua

1	drench	T	54.2	19.2	14
2	drench	T	56.4	20.2	14
3	drench	T	56.6	18.8	14
1	foliar	Q	40.6	18.2	14
2	foliar	Q	49.4	18.4	14
3	foliar	Q	43.6	16.3	14
1	foliar	LI	39.8	17.6	14
2	foliar	LI	53.4	18.1	14
3	foliar	LI	46.9	15.6	14
1	foliar	FP	34.2	12.6	14
2	foliar	FP	44.6	16.3	14
3	foliar	FP	42.3	16.6	14
1	foliar	TA	41.5	14.1	14
2	foliar	TA	50.9	17	14
3	foliar	TA	50.6	16	14
1	foliar	BS	34.5	15.4	14
2	foliar	BS	39.7	12	14
3	foliar	BS	44.1	14.3	14
1	foliar	TH	33.1	15.9	14
2	foliar	TH	44.4	13.7	14
3	foliar	TH	48.1	15.4	14
1	foliar	T	54	17.3	14
2	foliar	T	60.5	19.6	14
3	foliar	T	60.8	20.8	14
1	drench	Q	37.7	15.7	21
2	drench	Q	47	14.8	21
3	drench	Q	46.3	15	21
1	drench	LI	41.9	14.9	21
2	drench	LI	51.8	14.9	21
3	drench	LI	54.9	15.1	21
1	drench	FP	30.7	13.7	21

Continua

2	drench	FP	34.6	12.7	21
3	drench	FP	31.1	13.7	21
1	drench	TA	48.9	15.4	21
2	drench	TA	61.8	16.4	21
3	drench	TA	56.7	17.4	21
1	drench	BS	37	16	21
2	drench	BS	42	16.6	21
3	drench	BS	44.6	16.1	21
1	drench	TH	23.2	11.9	21
2	drench	TH	40	15	21
3	drench	TH	38.8	15	21
1	drench	T	54.7	21.1	21
2	drench	T	59.7	20.9	21
3	drench	T	60.3	20	21
1	foliar	Q	32.7	17.7	21
2	foliar	Q	45.8	17.8	21
3	foliar	Q	43	14.3	21
1	foliar	LI	38.3	16.8	21
2	foliar	LI	49.5	17	21
3	foliar	LI	44.7	14.9	21
1	foliar	FP	34.2	12.6	21
2	foliar	FP	40	14.5	21
3	foliar	FP	39.1	16.3	21
1	foliar	TA	41.5	14.1	21
2	foliar	TA	49.1	16.5	21
3	foliar	TA	49.2	15.6	21
1	foliar	BS	31.5	14.4	21
2	foliar	BS	38.3	11.7	21
3	foliar	BS	41.1	13.4	21
1	foliar	TH	30.7	15	21
2	foliar	TH	41.2	13.2	21

Continua

3	foliar	TH	45.2	14.6	21
1	foliar	T	54.6	18.3	21
2	foliar	T	60.5	19.6	21
3	foliar	T	60.9	20.8	21
1	drench	Q	36.8	15.7	28
2	drench	Q	47	14.8	28
3	drench	Q	46.3	15	28
1	drench	LI	41.9	14.9	28
2	drench	LI	51.8	14.9	28
3	drench	LI	53.9	15.1	28
1	drench	FP	30.7	13.7	28
2	drench	FP	34.6	12.7	28
3	drench	FP	31.1	13.7	28
1	drench	TA	48.9	15.4	28
2	drench	TA	60.5	15.6	28
3	drench	TA	56.7	17.4	28
1	drench	BS	37	16	28
2	drench	BS	41.2	16.6	28
3	drench	BS	43.9	16.1	28
1	drench	TH	22.8	11.7	28
2	drench	TH	40	15	28
3	drench	TH	36.6	13.2	28
1	drench	T	59.9	24.8	28
2	drench	T	62.3	22.3	28
3	drench	T	60.3	26	28
1	foliar	Q	31.5	17	28
2	foliar	Q	42.7	17.8	28
3	foliar	Q	42.4	14.3	28
1	foliar	LI	38.3	16.8	28
2	foliar	LI	48.4	16.7	28
3	foliar	LI	42.8	14.5	28

Continua

1	foliar	FP	33.6	12.3	28
2	foliar	FP	40	14.5	28
3	foliar	FP	39.1	16.3	28
1	foliar	TA	41	13.9	28
2	foliar	TA	49.1	16.5	28
3	foliar	TA	49.2	15.6	28
1	foliar	BS	31.2	14.1	28
2	foliar	BS	38.3	11.7	28
3	foliar	BS	41.1	13.4	28
1	foliar	TH	29.4	14.3	28
2	foliar	TH	41.2	13.2	28
3	foliar	TH	45.2	14.6	28
1	foliar	T	57	19.2	28
2	foliar	T	61.7	22.2	28
3	foliar	T	63	23.2	28
1	drench	Q	33.9	15.7	35
2	drench	Q	47	14.8	35
3	drench	Q	45.3	15	35
1	drench	LI	40.7	14.6	35
2	drench	LI	47.7	14.8	35
3	drench	LI	53	15.1	35
1	drench	FP	29.5	11.3	35
2	drench	FP	30.8	10.8	35
3	drench	FP	29.6	13	35
1	drench	TA	48.9	15.4	35
2	drench	TA	59.1	15.6	35
3	drench	TA	53.5	17.4	35
1	drench	BS	35.5	15.2	35
2	drench	BS	36.8	16.6	35
3	drench	BS	38.8	14.1	35
1	drench	TH	21.6	10.9	35

Continua

2	drench	TH	37.1	13.1	35
3	drench	TH	36.6	13.2	35
1	drench	T	61.5	26.7	35
2	drench	T	69.4	24.3	35
3	drench	T	65.8	32.8	35
1	foliar	Q	31.5	17	35
2	foliar	Q	41.1	17.8	35
3	foliar	Q	38.5	14.3	35
1	foliar	Ll	37.1	16.2	35
2	foliar	Ll	47.8	16.7	35
3	foliar	Ll	42.8	14.5	35
1	foliar	FP	33.6	12.3	35
2	foliar	FP	38.6	14.3	35
3	foliar	FP	38.6	16.1	35
1	foliar	TA	41	13.9	35
2	foliar	TA	49.1	16.5	35
3	foliar	TA	49.2	15.6	35
1	foliar	BS	31.2	14.1	35
2	foliar	BS	38.3	11.7	35
3	foliar	BS	41.1	13.4	35
1	foliar	TH	29.4	14.3	35
2	foliar	TH	41.2	13.2	35
3	foliar	TH	45.2	14.6	35
1	foliar	T	58.6	19.2	35
2	foliar	T	61.7	22.2	35
3	foliar	T	71.8	23.2	35
1	drench	Q	33.9	15.2	42
2	drench	Q	46.2	15.5	42
3	drench	Q	45.3	14.6	42
1	drench	Ll	38.1	14.6	42
2	drench	Ll	46.3	14.8	42

Continua

3	drench	LI	53	15.1	42
1	drench	FP	28.6	10.9	42
2	drench	FP	30.3	10.8	42
3	drench	FP	28.9	12.7	42
1	drench	TA	48.9	15.2	42
2	drench	TA	59.1	15.6	42
3	drench	TA	53.5	16.1	42
1	drench	BS	32.6	13.6	42
2	drench	BS	36.8	16.6	42
3	drench	BS	38.8	14.1	42
1	drench	TH	21.6	10.9	42
2	drench	TH	37.1	13.1	42
3	drench	TH	36.6	13.2	42
1	drench	T	67.3	28.2	42
2	drench	T	71.1	27.8	42
3	drench	T	65.8	33	42
1	foliar	Q	31.5	17	42
2	foliar	Q	41.1	17	42
3	foliar	Q	38.5	14.3	42
1	foliar	LI	36.7	14.9	42
2	foliar	LI	47.8	16.7	42
3	foliar	LI	42.8	13.2	42
1	foliar	FP	33	12	42
2	foliar	FP	37.1	14.3	42
3	foliar	FP	36.7	15.5	42
1	foliar	TA	41	13.9	42
2	foliar	TA	49.1	16.5	42
3	foliar	TA	49.2	15.6	42
1	foliar	BS	31.2	14.1	42
2	foliar	BS	38.3	11.7	42
3	foliar	BS	41.1	13.4	42

Continua

1	foliar	TH	29.4	14.3	42
2	foliar	TH	41.2	13.2	42
3	foliar	TH	45.2	14.6	42
1	foliar	T	58.6	22.9	42
2	foliar	T	68	24	42
3	foliar	T	71.8	31.2	42
1	drench	Q	32.9	15.2	49
2	drench	Q	46.2	15.5	49
3	drench	Q	43.3	14.6	49
1	drench	LI	33.9	14.2	49
2	drench	LI	46.3	14.8	49
3	drench	LI	53	15.1	49
1	drench	FP	28.6	10.9	49
2	drench	FP	30.3	10.8	49
3	drench	FP	28.9	12.7	49
1	drench	TA	46.7	15.1	49
2	drench	TA	59.1	14.8	49
3	drench	TA	53.5	16.1	49
1	drench	BS	32.6	13.4	49
2	drench	BS	36.8	16.6	49
3	drench	BS	38.8	14.1	49
1	drench	TH	21.6	10.9	49
2	drench	TH	37.1	13.1	49
3	drench	TH	36.6	13.2	49
1	drench	T	69.4	33.3	49
2	drench	T	74.3	28	49
3	drench	T	73.4	38.5	49
1	foliar	Q	31.5	17	49
2	foliar	Q	41.1	17	49
3	foliar	Q	38.5	14.3	49
1	foliar	LI	36.7	14.9	49

Continua

2	foliar	LI	46.2	15.5	49
3	foliar	LI	42.8	13.2	49
1	foliar	FP	31.4	11.5	49
2	foliar	FP	37.1	14.3	49
3	foliar	FP	36.7	14.5	49
1	foliar	TA	39.2	13.1	49
2	foliar	TA	49.1	15.9	49
3	foliar	TA	49.2	16.1	49
1	foliar	BS	31.2	14.1	49
2	foliar	BS	38.3	11.7	49
3	foliar	BS	41.1	13.4	49
1	foliar	TH	29.1	14.1	49
2	foliar	TH	40.6	13	49
3	foliar	TH	43.5	14.1	49
1	foliar	T	60.6	27	49
2	foliar	T	75.1	30.3	49
3	foliar	T	71.8	31.2	49
1	drench	Q	32.5	14	56
2	drench	Q	38.8	13.8	56
3	drench	Q	37.7	14.1	56
1	drench	LI	33.9	14.2	56
2	drench	LI	46.3	14.8	56
3	drench	LI	53	15.1	56
1	drench	FP	28.6	10.9	56
2	drench	FP	30.3	10.8	56
3	drench	FP	28.9	12.7	56
1	drench	TA	46.7	15.1	56
2	drench	TA	59.1	14.8	56
3	drench	TA	53.5	16.1	56
1	drench	BS	32.1	13.4	56
2	drench	BS	36.8	16.6	56

Continua

3	drench	BS	38.8	14.1	56
1	drench	TH	21.6	10.9	56
2	drench	TH	37.1	13.1	56
3	drench	TH	36.6	13.2	56
1	drench	T	73.1	39.7	56
2	drench	T	78.6	29.6	56
3	drench	T	73.4	38.5	56
1	foliar	Q	26.4	16.3	56
2	foliar	Q	41.1	17	56
3	foliar	Q	37.1	13.8	56
1	foliar	LI	36.7	14.9	56
2	foliar	LI	46.2	15.5	56
3	foliar	LI	42.8	13.2	56
1	foliar	FP	31.4	11.5	56
2	foliar	FP	37.1	14.3	56
3	foliar	FP	35.4	14.5	56
1	foliar	TA	39.2	13.1	56
2	foliar	TA	49.1	15.9	56
3	foliar	TA	49.2	16.1	56
1	foliar	BS	29.9	13.3	56
2	foliar	BS	37.6	11.3	56
3	foliar	BS	41.1	13.4	56
1	foliar	TH	29.1	14.1	56
2	foliar	TH	40.6	13	56
3	foliar	TH	43.5	14.1	56
1	foliar	T	64.1	28.1	56
2	foliar	T	75.1	30.3	56
3	foliar	T	74.2	32.8	56
1	drench	Q	31.1	14	63
2	drench	Q	36.4	13.8	63
3	drench	Q	37.7	14.1	63

Continua

1	drench	LI	33.9	14.2	63
2	drench	LI	46.3	14.8	63
3	drench	LI	53	15.1	63
1	drench	FP	28.6	10.9	63
2	drench	FP	30.3	10.8	63
3	drench	FP	28.9	12.7	63
1	drench	TA	46.7	15.1	63
2	drench	TA	59.1	14.8	63
3	drench	TA	53.5	16.1	63
1	drench	BS	32.1	13.4	63
2	drench	BS	36.8	16.6	63
3	drench	BS	38.8	14.1	63
1	drench	TH	21.6	10.9	63
2	drench	TH	37.1	13.1	63
3	drench	TH	36.6	12.9	63
1	drench	T	83.3	43.9	63
2	drench	T	83.5	39.4	63
3	drench	T	79.5	43.6	63
1	foliar	Q	26.4	16.3	63
2	foliar	Q	40.3	17	63
3	foliar	Q	37.1	13.8	63
1	foliar	LI	36.7	14.9	63
2	foliar	LI	46.2	15.5	63
3	foliar	LI	42.8	13.2	63
1	foliar	FP	31.4	11.5	63
2	foliar	FP	36.5	14	63
3	foliar	FP	35.4	14.5	63
1	foliar	TA	39.2	13.1	63
2	foliar	TA	49.1	15.9	63
3	foliar	TA	49.2	16.1	63
1	foliar	BS	29.9	13.3	63

Continua

2	foliar	BS	37.6	11.3	63
3	foliar	BS	41.1	13.4	63
1	foliar	TH	29.1	14.1	63
2	foliar	TH	40.6	12.1	63
3	foliar	TH	43.5	14.1	63
1	foliar	T	68	31.9	63
2	foliar	T	75.1	34.1	63
3	foliar	T	76.7	32.8	63
1	drench	Q	29.9	12.4	70
2	drench	Q	36.4	12.1	70
3	drench	Q	37.6	12.6	70
1	drench	LI	33.9	14.2	70
2	drench	LI	46.3	14.8	70
3	drench	LI	53	15.1	70
1	drench	FP	28.6	10.9	70
2	drench	FP	30.3	9.7	70
3	drench	FP	28.9	11.2	70
1	drench	TA	46.7	15	70
2	drench	TA	59.1	14.8	70
3	drench	TA	53.5	16.1	70
1	drench	BS	32.1	13.4	70
2	drench	BS	36.8	14.8	70
3	drench	BS	38.8	13.4	70
1	drench	TH	21.6	10.9	70
2	drench	TH	37.1	11.9	70
3	drench	TH	36.6	12.9	70
1	drench	T	83.3	47.3	70
2	drench	T	90.9	45.1	70
3	drench	T	79.5	46	70
1	foliar	Q	26.4	16.3	70
2	foliar	Q	38.2	15.9	70

Continua

3	foliar	Q	34.7	13.8	70
1	foliar	LI	36.2	14.9	70
2	foliar	LI	46.2	15.5	70
3	foliar	LI	42.8	13.2	70
1	foliar	FP	31.4	11.5	70
2	foliar	FP	36.5	14	70
3	foliar	FP	35.4	14.5	70
1	foliar	TA	39.2	13.1	70
2	foliar	TA	49.1	15.9	70
3	foliar	TA	49.2	16.1	70
1	foliar	BS	29.9	13.3	70
2	foliar	BS	37.6	11.3	70
3	foliar	BS	41.1	13.4	70
1	foliar	TH	29.1	14.1	70
2	foliar	TH	40.6	12.1	70
3	foliar	TH	43.5	14.1	70
1	foliar	T	70.5	34.6	70
2	foliar	T	79.4	34.1	70
3	foliar	T	84.4	36.9	70
1	drench	Q	28.5	12.4	77
2	drench	Q	36.4	12.1	77
3	drench	Q	36.8	12.6	77
1	drench	LI	33.9	14.2	77
2	drench	LI	46.3	14.8	77
3	drench	LI	53	15.1	77
1	drench	FP	28.6	10.9	77
2	drench	FP	30.3	9.7	77
3	drench	FP	28.9	11.2	77
1	drench	TA	46.7	15	77
2	drench	TA	59.1	24.8	77
3	drench	TA	53.5	15.9	77

Continua

1	drench	BS	32.1	13.4	77
2	drench	BS	36.8	14.8	77
3	drench	BS	38.8	13.4	77
1	drench	TH	21.6	9.2	77
2	drench	TH	37.1	11.9	77
3	drench	TH	36.6	12.9	77
1	drench	T	83.3	47.3	77
2	drench	T	90.9	49.4	77
3	drench	T	88.7	51.7	77
1	foliar	Q	26.4	15.6	77
2	foliar	Q	38.2	15.9	77
3	foliar	Q	33.3	13.8	77
1	foliar	LI	36.2	14.9	77
2	foliar	LI	46.2	15.5	77
3	foliar	LI	42.8	13.2	77
1	foliar	FP	31.4	11.5	77
2	foliar	FP	35.7	14	77
3	foliar	FP	35.4	14.5	77
1	foliar	TA	39.2	13.1	77
2	foliar	TA	49.1	15.9	77
3	foliar	TA	49.2	16.1	77
1	foliar	BS	29.9	13.3	77
2	foliar	BS	37.6	11.3	77
3	foliar	BS	41.1	13.4	77
1	foliar	TH	29.1	13.5	77
2	foliar	TH	40.6	12.1	77
3	foliar	TH	43.5	14.1	77
1	foliar	T	70.5	39.9	77
2	foliar	T	83.9	40.5	77
3	foliar	T	84.4	36.9	77
1	drench	Q	28.5	12.4	84

Continua

2	drench	Q	36.4	12.1	84
3	drench	Q	35.3	12.6	84
1	drench	LI	33.9	14.2	84
2	drench	LI	46.3	14.8	84
3	drench	LI	53	15.1	84
1	drench	FP	28.6	10.9	84
2	drench	FP	30.3	9.7	84
3	drench	FP	28.9	11.2	84
1	drench	TA	46.7	15	84
2	drench	TA	59.1	14.8	84
3	drench	TA	53.5	15.9	84
1	drench	BS	32.1	13.4	84
2	drench	BS	36.8	14.8	84
3	drench	BS	38.8	13.4	84
1	drench	TH	21.6	9.2	84
2	drench	TH	37.1	11.9	84
3	drench	TH	36.6	12.9	84
1	drench	T	83.3	47.3	84
2	drench	T	91.6	49.7	84
3	drench	T	90.6	52.2	84
1	foliar	Q	26.4	15.6	84
2	foliar	Q	38.2	15.9	84
3	foliar	Q	33.3	13.8	84
1	foliar	LI	36.2	14.9	84
2	foliar	LI	46.2	15.5	84
3	foliar	LI	42.8	13.2	84
1	foliar	FP	31.4	11.5	84
2	foliar	FP	35.7	14	84
3	foliar	FP	35.4	14.5	84
1	foliar	TA	39.2	13.1	84
2	foliar	TA	49.1	15.9	84

Continua

3	foliar	TA	49.2	16.1	84
1	foliar	BS	29.9	13.3	84
2	foliar	BS	37.6	11.3	84
3	foliar	BS	41.1	13.4	84
1	foliar	TH	29.1	13.5	84
2	foliar	TH	40.6	12.1	84
3	foliar	TH	43.5	14.1	84
1	foliar	T	70.5	39.9	84
2	foliar	T	83.9	40.5	84
3	foliar	T	86.8	41	84
1	drench	Q	26.5	11.1	91
2	drench	Q	36.4	10.2	91
3	drench	Q	35.3	10.8	91
1	drench	LI	33.9	14.2	91
2	drench	LI	46.3	14.8	91
3	drench	LI	53	15.1	91
1	drench	FP	28.6	10.9	91
2	drench	FP	30.3	9.7	91
3	drench	FP	28.9	11.2	91
1	drench	TA	46.7	15	91
2	drench	TA	59.1	14.8	91
3	drench	TA	53.5	15.9	91
1	drench	BS	32.1	13.4	91
2	drench	BS	36.8	14.8	91
3	drench	BS	38.8	13.4	91
1	drench	TH	21.6	9.2	91
2	drench	TH	37.1	11.9	91
3	drench	TH	36.6	12.9	91
1	drench	T	83.3	47.3	91
2	drench	T	91.7	50	91
3	drench	T	90.6	52.2	91

Continua

1	foliar	Q	26.4	15.6	91
2	foliar	Q	38.2	15.9	91
3	foliar	Q	33.3	13.8	91
1	foliar	LI	36.2	14.9	91
2	foliar	LI	46.2	15.5	91
3	foliar	LI	42.8	13.2	91
1	foliar	FP	31.4	11.5	91
2	foliar	FP	35.7	14	91
3	foliar	FP	35.4	14.5	91
1	foliar	TA	39.2	13.1	91
2	foliar	TA	49.1	15.9	91
3	foliar	TA	49.2	16.1	91
1	foliar	BS	29.9	13.3	91
2	foliar	BS	37.6	11.3	91
3	foliar	BS	41.1	13.4	91
1	foliar	TH	29.1	13.5	91
2	foliar	TH	40.6	12.1	91
3	foliar	TH	43.5	14.1	91
1	foliar	T	74.9	39.9	91
2	foliar	T	83.9	40.5	91
3	foliar	T	86.8	41	91
1	drench	Q	26.5	11.1	98
2	drench	Q	36.4	10.2	98
3	drench	Q	35.3	10.8	98
1	drench	LI	33.9	14.2	98
2	drench	LI	46.3	14.8	98
3	drench	LI	53	15.1	98
1	drench	FP	28.6	10.9	98
2	drench	FP	30.3	9.7	98
3	drench	FP	28.9	11.2	98
1	drench	TA	46.7	15	98

Continua

2	drench	TA	59.1	14.8	98
3	drench	TA	53.5	15.9	98
1	drench	BS	32.1	13.4	98
2	drench	BS	36.8	14.8	98
3	drench	BS	38.8	13.4	98
1	drench	TH	21.6	9.2	98
2	drench	TH	37.1	11.9	98
3	drench	TH	36.6	12.9	98
1	drench	T	83.3	47.3	98
2	drench	T	91.7	50	98
3	drench	T	90.6	52.2	98
1	foliar	Q	26.4	15.6	98
2	foliar	Q	38.2	15.9	98
3	foliar	Q	33.3	13.8	98
1	foliar	LI	36.2	14.9	98
2	foliar	LI	46.2	15.5	98
3	foliar	LI	42.8	13.2	98
1	foliar	FP	31.4	11.5	98
2	foliar	FP	35.7	14	98
3	foliar	FP	35.4	14.5	98
1	foliar	TA	39.2	13.1	98
2	foliar	TA	49.1	15.9	98
3	foliar	TA	49.2	16.1	98
1	foliar	BS	29.9	13.3	98
2	foliar	BS	37.6	11.3	98
3	foliar	BS	41.1	13.4	98
1	foliar	TH	29.1	13.5	98
2	foliar	TH	40.6	12.1	98
3	foliar	TH	43.5	14.1	98
1	foliar	T	74.9	39.9	98
2	foliar	T	83.9	40.5	98

Continua

3	foliar	T	86.8	41	98
1	drench	Q	26.5	11.1	105
2	drench	Q	36.4	10.2	105
3	drench	Q	35.3	10.8	105
1	drench	LI	33.9	14.2	105
2	drench	LI	46.3	14.8	105
3	drench	LI	53	15.1	105
1	drench	FP	28.6	10.9	105
2	drench	FP	30.3	9.7	105
3	drench	FP	28.9	11.2	105
1	drench	TA	46.7	15	105
2	drench	TA	59.1	14.8	105
3	drench	TA	53.5	15.9	105
1	drench	BS	32.1	13.4	105
2	drench	BS	36.8	14.8	105
3	drench	BS	38.8	13.4	105
1	drench	TH	21.6	9.2	105
2	drench	TH	37.1	11.9	105
3	drench	TH	36.6	12.9	105
1	drench	T	83.3	47.3	105
2	drench	T	91.7	50	105
3	drench	T	90.6	52.2	105
1	foliar	Q	26.4	15.6	105
2	foliar	Q	38.2	15.9	105
3	foliar	Q	33.3	13.8	105
1	foliar	LI	36.2	14.9	105
2	foliar	LI	46.2	15.5	105
3	foliar	LI	42.8	13.2	105
1	foliar	FP	31.4	11.5	105
2	foliar	FP	35.7	14	105
3	foliar	FP	35.4	14.5	105

Continua

1	foliar	TA	39.2	13.1	105
2	foliar	TA	49.1	15.9	105
3	foliar	TA	49.2	16.1	105
1	foliar	BS	29.9	13.3	105
2	foliar	BS	37.6	11.3	105
3	foliar	BS	41.1	13.4	105
1	foliar	TH	29.1	13.5	105
2	foliar	TH	40.6	12.1	105
3	foliar	TH	43.5	14.1	105
1	foliar	T	74.9	39.9	105
2	foliar	T	83.9	40.5	105
3	foliar	T	86.8	41	105

Anexo 10: Matriz de datos del ABCPE de la mancha necrótica plateada en tuna, variedad blanca, por tratamiento y vía de aplicación.

Bloque	Via	Producto	ABCPE
1	drench	Q	1363.25
2	drench	Q	1312.15
3	drench	Q	1334.2
1	drench	LI	1414.7
2	drench	LI	1452.85
3	drench	LI	1479.8
1	drench	FP	1139.6
2	drench	FP	1062.6
3	drench	FP	1217.65
1	drench	TA	1499.75
2	drench	TA	1565.2
3	drench	TA	1612.45
1	drench	BS	1390.9
2	drench	BS	1565.9
3	drench	BS	1404.55
1	drench	TH	1038.1
2	drench	TH	1284.15
3	drench	TH	1321.95
1	drench	T	3545.15
2	drench	T	3437.35
3	drench	T	3787
1	foliar	Q	1624.7
2	foliar	Q	1655.15
3	foliar	Q	1396.15
1	foliar	LI	1524.25
2	foliar	LI	1582
3	foliar	LI	1348.9
1	foliar	FP	1164.45
2	foliar	FP	1411.55

Continua

3	foliar	FP	1486.45
1	foliar	TA	1318.1
2	foliar	TA	1587.25
3	foliar	TA	1567.65
1	foliar	BS	1356.95
2	foliar	BS	1136.1
3	foliar	BS	1324.4
1	foliar	TH	1393.7
2	foliar	TH	1248.8
3	foliar	TH	1415.05
1	foliar	T	2841.3
2	foliar	T	2989.35
3	foliar	T	3089.1