

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS**



**CONTROL DE ESTADOS INMADUROS DE MOSCAS
DE LA FRUTA *Anastrepha fraterculus* y *Ceratitis capitata*
CON HONGOS ENTOMOPATÓGENOS EN EL SUELO**

Presentada por:

CÉSAR ANTONIO VEGA REAÑO

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE
MAGISTER SCIENTIAE EN MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS**

Lima – Perú

2021

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS

**CONTROL DE ESTADOS INMADUROS DE MOSCAS
DE LA FRUTA *Anastrepha fraterculus* y *Ceratitis capitata*)
CON HONGOS ENTOMOPATÓGENOS EN EL SUELO**

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

Presentada por:

CÉSAR ANTONIO VEGA REAÑO

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Dr. Jorge Escobedo Álvarez

PRESIDENTE

Ph. D. Jorge Castillo Valiente

ASESOR

Ph. D. Walter Apaza Tapia

MIEMBRO

Mg. Sc. Jorge Sarmiento Mata

MIEMBRO

Ante todo, gracias a DIOS.

A mi recordado Padre Segundo, quien descansa en paz y a mi Madre Martha,
Dignos ejemplos de Padres.

A mi esposa Yanne y mis hijas
Cinthya y Ximena, por su amor y constante apoyo.

A mis hermanos Maritza, Luis, Miguel
(Descansa en paz), Efraín y Juan, a
quienes siempre tengo presente.

AGRADECIMIENTOS

Dr. Jorge Castillo Valiente, Coordinador de la Especialidad de Manejo Integrado de Plagas, Asesor de la Tesis, Universidad Nacional Agraria La Molina.

Ing. Pedro Molina Salcedo, Director de la Unidad del Centro de Diagnóstico de Sanidad Vegetal, Servicio Nacional de Sanidad Agraria – SENASA.

Ing. Luis Valdivieso Jara, Director de la Subdirección del Centro de Control Biológico, Servicio Nacional de Sanidad Agraria – SENASA.

Ing. Hilda Gómez Ramírez, Especialista en Hongos Entomopatógenos del Centro de Control Biológico, Servicio Nacional de Sanidad Agraria – SENASA.

Biol. Hilda Gamarra Soto, Especialista del Centro de Control Biológico, Servicio Nacional de Sanidad Agraria - SENASA.

Biol. Daniel Alama Mena, Responsable de la Unidad de Centros de Producción de Moscas de la Fruta, Servicio Nacional de Sanidad Agraria – SENASA.

Ing. Mónica Alburqueque, Especialista de la Unidad de Centros de Producción de Moscas de la Fruta. Servicio Nacional de Sanidad Agraria – SENASA.

Ing. Ada Martínez Ayala, Especialista del Centro de Control Biológico, SENASA.

Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria – INIEA, La Molina, Lima.

Ing. Mg. Sc. Alicia Villar López, Directora Ejecutiva de SENASA Cajamarca.

Ing. Ronald Llique Morales, Especialista de Sanidad Vegetal, SENASA Cajamarca.

Ing. Toribio Tejada Campos, Investigador de la Estación Experimental Baños del Inca, Instituto Nacional de Investigación Agraria – INIA, Cajamarca.

ÍNDICE GENERAL

Pág.

I	INTRODUCCIÓN	1
II	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
2.1.	ANTECEDENTES	4
2.2.	MARCO TEÓRICO	5
2.2.1.	LAS MOSCAS DE LA FRUTA	5
a.	Importancia económica de la familia <i>Tephritidae</i> .	5
b.	Especies y distribución geográfica nacional de las moscas de la fruta.	5
c.	Biología de las moscas de la fruta.	7
d.	Factores de mortalidad natural de las moscas de la fruta.	9
e.	Control biológico de moscas de la fruta.	9
2.2.2.	LOS HONGOS ENTOMOPATÓGENOS	10
a.	Control microbiano.	10
b.	Generalidades de los hongos entomopatógenos.	10
c.	Mecanismo específico de acción.	11
d.	Eficacia.	12

e.	Etapas de infección de los hongos entomopatógenos.	12
f.	Ventajas del control microbiano.	12
g.	Desventajas del control microbiano.	15
h.	Capacidad de sobrevivencia de los entomopatógenos.	18
i.	Características de <i>Beauveria bassiana</i> .	20
j.	Características de <i>Lecanicillium lecanii</i> .	21
k.	Características de <i>Metarhizium anisopliae</i> .	22
l.	Características de <i>Paecilomyces fumosoroseus</i> .	23
m.	Utilización de entomopatógenos en el Manejo Integrado de Plagas.	23
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	25
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	40
V.	CONCLUSIONES	79
VI.	RECOMENDACIONES	81
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	82
VIII.	ANEXOS	86

ÍNDICE DE TABLAS

Cuadro	Título	Pág.
Nº		
1	Biología de las dos especies de moscas de la fruta.	8
2	Mortalidad y eficacia por la aplicación de 04 hongos entomopatógenos contra moscas de la fruta <i>A. fraterculus</i> y <i>C. capitata</i> , etapa 1: Ensayo de laboratorio.	49
3	Mortalidad y eficacia por la aplicación de 04 hongos entomopatógenos contra moscas de la fruta <i>A. fraterculus</i> y <i>C. capitata</i> , etapa 2a: Ensayo de invernadero, efecto inmediato, infestación 1 día después de la aplicación.	55
4	Mortalidad y eficacia por la aplicación de 04 hongos entomopatógenos contra moscas de la fruta <i>A. fraterculus</i> y <i>C. capitata</i> , etapa 2b: Ensayo de invernadero, efecto residual intermedio, 45 días después de la aplicación.	57
5	Mortalidad y eficacia por la aplicación de 04 hongos entomopatógenos contra moscas de la fruta <i>A. fraterculus</i> y <i>C. capitata</i> , etapa 2c: Ensayo de invernadero, efecto residual intermedio, 90 días después de la aplicación.	60
6	Mortalidad y eficacia por la aplicación de 04 hongos entomopatógenos contra moscas de la fruta <i>A. fraterculus</i> y <i>C. capitata</i> , etapa 2d: Ensayo de invernadero, efecto residual final, 135 días después de la aplicación.	62
7	Mortalidad y eficacia por la aplicación de 04 hongos entomopatógenos contra moscas de la fruta <i>A. fraterculus</i> y <i>C. capitata</i> , etapa 3a: Ensayo de Campo, efecto inmediato, 01 día después de la aplicación.	65
8	Mortalidad y eficacia por la aplicación de 04 hongos entomopatógenos contra moscas de la fruta <i>A. fraterculus</i> y <i>C. capitata</i> , etapa 3b: Ensayo de Campo, 27 días después de la aplicación.	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°	Título	Pág.
1	Esquema de la metodología experimental.	29
2	Placa de bioensayo en la etapa 1: Laboratorio.	31
3	Caja de experimentación en invernadero.	33
4	Jaula de experimentación en campo.	35
5	Disposición de las placas en la etapa 1: Laboratorio.	36
6	Disposición de las cajas de experimentación en la etapa 2: Invernadero.	37
7	Disposición de las cajas de experimentación en la etapa 2: Invernadero.	37
8	Croquis de distribución de tratamientos en cada bloque (proyección de la copa del árbol) en la etapa 3: Campo.	38
9	Croquis de Disposición de las jaulas de experimentación en la etapa 3: Campo, en cada bloque.	38
10	Disposición de las jaulas de experimentación en la etapa 3: Campo, en cada bloque.	39
11	Pupa de <i>A. fraterculus</i> afectada por <i>M. anisopliae</i> en ensayo de laboratorio.	42
12	Pupa de <i>A. fraterculus</i> afectada por <i>L. lecanii</i> en ensayo de laboratorio.	42
13	Pupa de <i>A. fraterculus</i> afectada por <i>B. bassiana</i> en ensayo de laboratorio.	43
14	Pupa de <i>A. fraterculus</i> afectada por <i>P. fumosoroseus</i> en ensayo de laboratorio.	43
15	Adulto de <i>A. fraterculus</i> afectado por <i>M. anisopliae</i> en ensayo de laboratorio.	44
16	Adulto de <i>A. fraterculus</i> afectado por <i>M. anisopliae</i> en ensayo de laboratorio.	44
17	Pupa de <i>C. capitata</i> afectada por <i>M. anisopliae</i> en ensayo de laboratorio.	45
18	Pupas de <i>C. capitata</i> afectadas por <i>L. lecanii</i> en ensayo de laboratorio.	45
19	Pupas de <i>C. capitata</i> afectadas por <i>B. bassiana</i> en ensayo de laboratorio.	46
20	Pupas de <i>C. capitata</i> afectadas por <i>P. fumosoroseus</i> en ensayo de laboratorio.	46
21	Adulto de <i>C. capitata</i> afectado por <i>M. anisopliae</i> en ensayo de laboratorio.	47
22	Adulto de <i>C. capitata</i> afectado por <i>L. lecanii</i> en ensayo de laboratorio.	47
23	Adulto de <i>C. capitata</i> afectado por <i>B. bassiana</i> en ensayo de laboratorio.	48
24	Adulto de <i>C. capitata</i> afectado por <i>P. fumosoroseus</i> en ensayo de laboratorio.	48
25	Porcentajes de mortalidad en la etapa 1: Ensayo de laboratorio para	

	<i>A. fraterculus</i> y <i>C. capitata</i> .	49
26	Porcentajes de eficacia en la etapa 1: Ensayo de laboratorio, para <i>A. fraterculus</i> y <i>C. capitata</i> .	50
27	Pupas de <i>A. fraterculus</i> afectadas por <i>M. anisolpliae</i> en ensayos de invernadero y campo.	51
28	Pupas de <i>A. fraterculus</i> afectadas por <i>L. lecanii</i> en ensayos de invernadero y campo.	52
29	Pupas de <i>A. fraterculus</i> afectadas por <i>B. bassiana</i> en ensayos de invernadero y campo.	52
30	Pupas de <i>A. fraterculus</i> afectadas por <i>P. fumosoroseus</i> en ensayos de invernadero y campo.	53
31	Pupas de <i>C. capitata</i> afectadas por <i>M. anisolpliae</i> en ensayos de invernadero y campo.	53
32	Pupas de <i>C. capitata</i> afectadas por <i>L. lecanii</i> en ensayos de invernadero y campo.	54
33	Pupas de <i>C. capitata</i> afectadas por <i>B. bassiana</i> en ensayos de invernadero y campo.	54
34	Pupas de <i>C. capitata</i> afectadas por <i>P. fumosoroseus</i> en ensayos de invernadero y campo.	55
35	Porcentajes de mortalidad en la etapa 2a: Ensayo de invernadero, infestación 1 día después de la aplicación para <i>A. fraterculus</i> y <i>C. capitata</i> .	56
36	Porcentajes de eficacia en la etapa 2a: Ensayo de invernadero, infestación 1 día después de la aplicación para <i>A. fraterculus</i> y <i>C. capitata</i> .	56
37	Porcentajes de mortalidad en la etapa 2b: Ensayo de invernadero, infestación 45 días después de la aplicación para <i>A. fraterculus</i> y <i>C. capitata</i> .	58
38	Porcentajes de eficacia en la etapa 2b: Ensayo de invernadero, infestación 45 días después de la aplicación para <i>A. fraterculus</i> y <i>C. capitata</i> .	58
39	Porcentajes de mortalidad en la etapa 2c: Ensayo de invernadero, infestación 90 días después de la aplicación para <i>A. fraterculus</i> y <i>C. capitata</i> .	60
40	Porcentajes de eficacia en la etapa 2c: Ensayo de invernadero, infestación 90 días después de la aplicación para <i>A. fraterculus</i> y <i>C. capitata</i> .	61
41	Porcentajes de mortalidad en la etapa 2d: Ensayo de invernadero, infestación 135 días después de la aplicación para <i>A. fraterculus</i> y <i>C. capitata</i> .	63
42	Porcentajes de eficacia en la etapa 2d: Ensayo de invernadero, infestación	

	135 días después de la aplicación para <i>A. fraterculus</i> y <i>C. capitata</i> .	63
43	Porcentajes de mortalidad en la etapa 3a: Ensayo de campo, infestación 1 día después de la aplicación para <i>A. fraterculus</i> y <i>C. capitata</i> .	65
44	Porcentajes de eficacia en la etapa 3a: Ensayo de campo, infestación 1 día después de la aplicación para <i>A. fraterculus</i> y <i>C. capitata</i> .	66
45	Porcentajes de mortalidad en la etapa 3b: Ensayo de campo, infestación 27 días después de la aplicación para <i>A. fraterculus</i> y <i>C. capitata</i> .	68
46	Porcentajes de eficacia en la etapa 3b: Ensayo de campo, infestación 27 días después de la aplicación para <i>A. fraterculus</i> y <i>C. capitata</i> .	68
47	Porcentajes de mortalidad para <i>A. fraterculus</i> en las tres etapas: Laboratorio, invernadero y campo, a 1 día después de la aplicación.	70
48	Porcentajes de eficacia para <i>A. fraterculus</i> en las tres etapas: Laboratorio, invernadero y campo, a 1 día después de la aplicación.	71
49	Porcentajes de mortalidad en las tres etapas: Laboratorio, invernadero y campo, a 1 día después de la aplicación para <i>C. capitata</i> .	72
50	Porcentajes de eficacia en las tres etapas: Laboratorio, invernadero y campo, a 1 día después de la aplicación para <i>C. capitata</i> .	72
51	Porcentajes de mortalidad en las cuatro subetapas del ensayo a nivel de invernadero para <i>A. fraterculus</i> .	73
52	Porcentajes de eficacia en las cuatro subetapas del ensayo a nivel de invernadero para <i>A. fraterculus</i> .	73
53	Porcentajes de mortalidad en las cuatro subetapas del ensayo a nivel de Invernadero para <i>C. capitata</i> .	74
54	Porcentajes de eficacia en las cuatro subetapas del ensayo a nivel de invernadero para <i>C. capitata</i> .	75
55	Porcentaje de mortalidad en las dos subetapas del ensayo a nivel de campo para <i>A. fraterculus</i> .	77
56	Porcentajes de eficacia en las dos subetapas del ensayo a nivel de campo para <i>A. fraterculus</i> .	77
57	Porcentajes de mortalidad en las dos subetapas del ensayo a nivel de campo para <i>C. capitata</i> .	78
58	Porcentajes de eficacia en las dos subetapas del ensayo a nivel de campo para <i>C. capitata</i> .	78

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo N°	Título	Pág.
1	Resultados de porcentajes de emergencia, mortalidad y eficacia por la aplicación de 04 hongos entomopatógenos contra moscas de la fruta, etapa 1: Ensayo de laboratorio.	87
2	Resultados de porcentajes de emergencia, mortalidad y eficacia por la aplicación de 04 hongos entomopatógenos contra moscas de la fruta, etapa 2a: Ensayo de invernadero (1 día después de la aplicación).	88
3	Resultados de porcentajes de emergencia, mortalidad y eficacia por la aplicación de 04 hongos entomopatógenos contra moscas de la fruta, etapa 2b: Ensayo de invernadero (45 días después de la aplicación).	89
4	Resultados de porcentajes de emergencia, mortalidad y eficacia por la aplicación de 04 hongos entomopatógenos contra moscas de la fruta, etapa 2c: Ensayo de invernadero (90 días después de la aplicación).	90
5	Resultados de porcentajes de emergencia, mortalidad y eficacia por la aplicación de 04 hongos entomopatógenos contra moscas de la fruta, etapa 2d: Ensayo de invernadero (135 días después de la aplicación).	91
6	Resultados de porcentajes de emergencia, mortalidad y eficacia por la aplicación de 04 hongos entomopatógenos contra moscas de la fruta, etapa 3a: Ensayo de campo (1 día después de la aplicación).	92
7	Resultados de porcentajes de emergencia, mortalidad y eficacia por la aplicación de 04 hongos entomopatógenos contra moscas de la fruta, Etapa 3b: Ensayo de campo (27 días después de la aplicación).	93
8	Registro de Temperaturas.	94
9	Análisis estadístico e interpretación de la etapa 1: Ensayo de laboratorio o bioensayo para <i>A. fraterculus</i> .	95
10	Análisis estadístico e interpretación de la etapa 1: Ensayo de laboratorio o bioensayo para <i>C. capitata</i> .	96
11	Análisis estadístico e interpretación de la subetapa 2a: Ensayo de Invernadero, infestación a 1 día para <i>A. fraterculus</i> .	97

12	Análisis estadístico e interpretación de la etapa 2a: Ensayo de laboratorio, infestación a 1 día para <i>C. capitata</i> .	98
13	Análisis estadístico e interpretación de la etapa 2b: Ensayo de invernadero, infestación a 45 días para <i>A. fraterculus</i> .	99
14	Análisis estadístico e interpretación de la etapa 2b: Ensayo de invernadero, infestación a 45 días para <i>C. capitata</i> .	100
15	Análisis estadístico e interpretación de la etapa 2c: Ensayo de invernadero, infestación a 90 días para <i>A. fraterculus</i> .	101
16	Análisis estadístico e interpretación de la etapa 2c: Ensayo de invernadero, infestación a 90 días para <i>C. capitata</i> .	102
17	Análisis estadístico e interpretación de la etapa 2d: Ensayo de invernadero, infestación a 130 días para <i>A. fraterculus</i> .	103
18	Análisis estadístico e interpretación de la etapa 2d: Ensayo de invernadero, infestación a 130 días para <i>C. capitata</i> .	104
19	Análisis estadístico e interpretación de la etapa 3a: Ensayo de campo, infestación a 1 día para <i>A. fraterculus</i> .	105
20	Análisis estadístico e interpretación de la etapa 3a: Ensayo de campo, infestación a 1 día para <i>C. capitata</i> .	106
21	Análisis estadístico e interpretación de la etapa 3b: Ensayo de campo, infestación a 27 días para <i>A. fraterculus</i> .	107
22	Análisis estadístico e interpretación de la etapa 3b: Ensayo de campo, infestación a 27 días para <i>C. capitata</i> .	108
23	Secuencia de la etapa de laboratorio.	109
24	Secuencia de la etapa de invernadero.	110
25	Secuencia de la etapa de campo.	111

RESUMEN

En los sistemas de Manejo Integrado de Plagas (MIP) el componente de Control Biológico es fundamental y representa un gran potencial para el control de plagas. En este contexto se probaron los hongos entomopatógenos *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Paecilomyces fumosoroseus* y *Lecanicillium lecanii* determinándose su eficacia y su efecto residual en las especies de moscas de la fruta *Anastrepha fraterculus* y *Ceratitis capitata* en su estado de larva de tercer estadio próximas a empupar y en su estado de pupa a nivel de suelo en tres escenarios; laboratorio, invernadero y campo. Se determinó que los cuatro hongos entomopatógenos probados son eficaces en grados variables para ambas especies de moscas de la fruta en los tres escenarios. A nivel de Campo a un día después de la aplicación *M. anisopliae* obtuvo los mayores porcentajes de eficacia para *A. fraterculus* y *C. capitata* con 84.56 por ciento y 69.93 por ciento respectivamente, similar eficacia estadísticamente fue obtenida por *L. lecanii* con 63.97 por ciento y 49.02 por ciento para *A. fraterculus* y *C. capitata* respectivamente. A través del tiempo los hongos entomopatógenos presentan efecto residual el cual va disminuyendo progresivamente hasta porcentajes aceptables mayores a 50 por ciento de eficacia hasta los 90 días en invernadero, a los 135 días la eficacia disminuyó considerablemente a menos de 40 por ciento para ambas especies.

Palabras Claves: Control Biológico, Hongos entomopatógenos, patogenicidad, eficacia.

BIOLOGICAL CONTROL OF FRUIT FLIES (*Anastrepha fraterculus* and *Ceratitis capitata*) WITH ENTOMOPATHOGENIC FUNGI IN THE SOIL

SUMMARY

In Integrated Pest Management (IPM) systems, the Biological Control component is fundamental and represents great potential for pest control. In this context, the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Paecilomyces fumosoroseus* and *Lecanicillium lecanii* were tested, determining their efficacy and residual effect in the fruit fly species *Anastrepha fraterculus* and *Ceratitis capitata* in their third stage larva stage close to pushing and in its pupal state at ground level in three scenarios; laboratory, greenhouse and field. The four entomopathogenic fungi tested were determined to be effective to varying degrees for both fruit fly species in all three scenarios. At the field level, one day after the application, *M. anisopliae* obtained the highest efficacy percentages for *A. fraterculus* and *C. capitata* with 84.56 percent and 69.93 percent respectively, statistically similar efficacy was obtained by *L. lecanii* with 63.97 percent and 49.02 percent for *A. fraterculus* and *C. capitata* respectively. Over time, entomopathogenic fungi present a residual effect which progressively decreases to acceptable percentages greater than 50 percent of efficacy up to 90 days in the greenhouse, after 135 days the efficacy decreased considerably to less than 40 percent for both species.

Keywords: Biological control, entomopathogenic fungi, pathogenicity, efficacy.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente es indiscutible y ampliamente conocida la importancia económica de las moscas de la fruta en la fruticultura nacional y mundial debido a los cuantiosos daños que ocasiona directa e indirectamente en la producción frutícola. Es una plaga distribuida en todos los hábitats en donde existan sus numerosos hospederos. Existen varios géneros y numerosas especies, pero las más importantes en el Perú son *Ceratitis capitata* y el complejo *Anastrepha spp.* atacando plantaciones de la gran mayoría de frutales de importancia económica.

En su comportamiento biológico resalta la característica de que la mayor proporción de sus poblaciones se encuentran en estadios inmaduros como larvas y pupas las cuales, en un determinado periodo de su ciclo de vida al salir las larvas de los frutos infestados que caen al suelo y convertirse en pupas, se concentran en las capas superficiales del suelo debajo de la copa de las plantas hospedantes siendo su etapa de vida más susceptible.

Para el control y/o erradicación de las moscas de la fruta se han implementado sistemas o estrategias de control y/o manejo integrado basadas en los siguientes componentes disponibles; Control cultural – mecánico, control etológico, control químico, control autocida, control legal y en menor escala control biológico.

El control *cultural – mecánico* se realiza principalmente con el recojo y enterrado o embolsado de los frutos infestados, podas y raleos en sus diversas modalidades. El control *etológico* se realiza con el uso de trampas en sus diferentes tipos, las cuales son usadas principalmente para el monitoreo de poblaciones y para el control de adultos. El control *químico*, muy utilizado, se basa mayormente en el uso de insecticidas organofosforados como el malathión, GF-120 de origen biológico, pero de comportamiento químico y otros los cuales requieren de altos costos en insumos y equipos de aplicación con el consiguiente costo ambiental por el uso de insecticidas, además de la presencia de residuos y los posibles efectos de selección de individuos resistentes por su uso continuo. El control

autocida consiste en el uso de la técnica del insecto estéril, la que requiere a su vez de un complejo y costoso sistema de producción y aplicación. El control *legal*, debido a la importancia cuarentenaria de la plaga, es de implementación casi general en todos los países afectados.

El control *biológico* se realiza casi exclusivamente con la liberación de parasitoides, siendo el más conocido el himenóptero *Diachasmimorpha longicaudata* el cual requiere de un minucioso trabajo de producción y, no menos cuidadoso, de liberación cuando las poblaciones ya han sido reducidas considerablemente por los otros métodos de control. Otro parasitoide reportado es *Spalangia sp.* (Pteromalidae).

A pesar de existir esta gama de estrategias de control de las moscas de la fruta, en muchas zonas del país todavía se tienen altas infestaciones debido a que, en la práctica, y por diversas razones, no todas son aplicadas eficientemente a nivel de campo.

Se considera que una de las labores más importantes de manejo integrado de la plaga es el recojo y enterrado de frutos infestados los cuales se constituyen en la principal fuente de infestación para la perpetuación de sus poblaciones. Se recomienda que “*el recojo de la fruta caída debe hacerse diariamente, como una práctica de rutina o cada dos a tres días como máximo, para evitar que las larvas salgan de los frutos caídos y completen su ciclo biológico*” (SENASA, Gonzáles, J. 1999). En la práctica el agricultor no recoge estos frutos permanentemente, realizando esta labor, *en el mejor de los casos*, con una frecuencia semanal con lo cual siempre existe el tiempo suficiente para que una proporción considerable de las larvas logren salir de los frutos e ingresar al suelo logrando *empupar* y posteriormente emerger en estado de adulto desplazándose y reproduciéndose rápidamente manteniendo por lo tanto sus altas poblaciones.

El problema se agrava cuando los productores no realizan esta labor debido al esfuerzo físico, costo en mano de obra que representa el recojo y enterrado diario de estos frutos o los bajos precios de la fruta en épocas de mayor producción con lo cual resulta más “económico” dejarlas en el suelo.

Por lo expuesto, el presente trabajo pretende brindar una alternativa de control biológico de fácil aplicación y sobre todo de efecto duradero en esta etapa de desarrollo de la plaga como un componente complementario en un sistema de manejo integrado de plagas,

probando la eficacia de cuatro especies de *hongos entomopatógenos*; *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Paecilomyces fumosoroseus* y *Lecanicillium lecanii*, fácilmente disponibles en el mercado y de bajo costo pero cuya acción no es muy conocida para este complejo de plagas por falta de estudios y ensayos específicos, considerando los siguientes factores favorables para su eventual uso:

- Específicos para insectos.
- Presentan acción residual en el tiempo y a través de varias generaciones de la plaga.
- No tóxicos para plantas y animales.
- Bajo costo y relativamente fácil producción.
- Fácil aplicación a un costo mínimo por lo que puede ser usado por productores de diferentes niveles económicos.
- Ubicación de estados inmaduros de la plaga debajo de la copa de los árboles donde existe un microclima favorable con escasa radiación solar, temperatura favorable, presencia y conservación de humedad que son factores necesarios para el desarrollo de los hongos entomopatógenos y su posible establecimiento por tiempo indefinido, con lo cual se realizarían inoculaciones iniciales al suelo debajo de los árboles frutales y las siguientes aplicaciones más distanciadas.
- Tendencia actual hacia el aumento progresivo de la demanda a nivel mundial y nacional por *productos inocuos, naturales, biológicos, ecológicos u orgánicos*, libres de residuos de plaguicidas químicos, estos últimos se constituyen además en una barrera para la agro-exportación.
- Alto costo de los programas de aplicación química y su incremento constante.

El objetivo principal de la presente tesis fue determinar el grado de patogenicidad de cuatro hongos entomopatógenos en las dos especies principales de moscas de la fruta en el Perú y los objetivos específicos fueron: (a) Determinar la actividad patogénica de 04 especies de hongos entomopatógenos en las especies *Ceratitis capitata* y *Anastrepha fraterculus*, (b) Evaluar la eficacia en la tasa de mortalidad de moscas de la fruta, causadas por cuatro especies de hongos entomopatógenos, en el control de estados inmaduros (larvas de estadio III, pre-pupas y pupas) de *Ceratitis capitata* y *Anastrepha fraterculus* a nivel de laboratorio, invernadero y campo, y (c) Determinar el efecto residual de la aplicación de los cuatro hongos entomopatógenos en el control de las moscas de la fruta en suelo a nivel de invernadero.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. ANTECEDENTES

En el laboratorio de entomopatógenos del centro de Introducción y Crianza de Insectos Útiles, se inocularon esporas de *Beauveria bassiana* y *Metarrhizium anisopliae* sobre larvas de *Ceratitis capitata* de III estadio próximas a empupar. Se realizaron 3 tratamientos por hongo: (A) Aplicación del hongo a diferentes concentraciones por el método de aspersión sobre tierra, (B) Aplicación del hongo a diferentes concentraciones por el método de inmersión de larvas colocadas sobre arena y (C) Aplicación del hongo crecido en sustrato de arroz, sobre tierra y arena (Rodríguez 1997).

El porcentaje máximo de infección que se obtuvo con el tratamiento (A) fue de 37 por ciento para *M. anisopliae* y *B. bassiana*; a la dilución 10^{-2} que representa para el primero una concentración de 3×10^6 conidios/ml y para el segundo caso 6.95×10^6 conidios/ml. Para el tratamiento (B) se obtuvo una mortalidad del 30 por ciento a la dilución 10^{-2} , que representa 1×10^6 conidios/ml para ambos hongos. El tratamiento (C) dio un 96.7 por ciento de mortalidad en el caso de *M. anisopliae* a una concentración de 1×10^8 conidios/ml y para *B. bassiana* 67 por ciento cuya concentración fue 3.2×10^7 conidios/ml (Rodríguez 1997),

En un estudio realizado en la provincia de Corrientes (Argentina) en una serie de ensayos en laboratorio y en el hábitat, enterrando pupas de *Anastrepha fraterculus* a distintas profundidades con el propósito de observar el comportamiento de los tripétidos en este estadio, se determinó un porcentaje de pupas dañadas, en un rango de 18.8 por ciento a 45.7 por ciento, con un promedio de 28 por ciento y en el que actúan organismos biológicos a distintas profundidades del suelo. Ello evidencia la necesidad de identificar los agentes bióticos que intervienen en el control. Tan interesante complejo biológico integrado por hongos que momifican las pupas, bacterias que las desintegran y artrópodos

masticadores que las comen parcialmente revelan un importante campo de estudio interdisciplinario (Rosillo y Portillo 1971).

A nivel de laboratorio, y bajo condiciones controladas, fueron desarrollados bioensayos para evaluar el efecto de ocho cepas de *B. bassiana* contra larvas, pupas y hembras adultas de la mosca Mexicana de la fruta (*Anastrepha ludens*), mostraron que la mortalidad en los estadios inmaduros fue baja, 2-8 por ciento en larvas y 0 por ciento en pupas; sin embargo, fue alta en adultos, 100 por ciento, 98 por ciento y 98 por ciento para las tres cepas más virulentas; lo cual demuestra que la acción de los hongos es selectiva y su virulencia está relacionada, entre otros factores, con la especie, el hospedero y su ciclo biológico. (De la Rosa et al. 2002, citados por Coba 2009).

2.2 MARCO TEÓRICO

2.2.1 Las moscas de la fruta

a. Importancia económica de la familia Tephritidae

Los géneros de moscas de la fruta más sobresalientes económicamente a nivel mundial, dentro de la familia tefrítidos son: *Ceratitis*, *Anastrepha*, *Bactrocera*, *Dacus*, *Rhagoletis* y *Toxotrypana* (Olalquiaga 1993).

En 1994 las pérdidas estimadas por los daños causados por las moscas de la fruta a la fruticultura nacional ascendieron a US\$ 99'444,479 sobre una superficie de 209,817 hás instaladas, el mismo que representa el 27 por ciento del valor bruto de la producción, sin considerar el costo adicional por el uso de pesticidas y tratamientos de post cosecha (Rodríguez et al. 1997, Quenta 1999, citados por Gil 2003).

b. Especies presentes y distribución geográfica nacional

En el Perú, las especies del género *Anastrepha* se distribuyen a lo largo de las tres regiones naturales, en plantaciones grandes y pequeñas, desde el nivel del mar hasta unos 2600 msnm de altitud donde las temperaturas fluctúan entre los 12 y 32 °C. Predominan en los

valles de la costa norte, en los valles interandinos y en la selva. En la región de la costa central y sur es más predominante la mosca del mediterráneo *Ceratitis capitata* Wiedemann (SENASA 1996, citado por Gil 2003).

En el Perú a la fecha se tienen registradas 35 especies nativas del género *Anastrepha*, (Koritkowski 2001, citado por Girón 2011):

<i>A. alveata</i> Stone, 1942	Mosca de la fruta
<i>A. atrox</i> Aldrich 1925	Mosca de la fruta
<i>A. bahiensis</i> Lima, 1937	Mosca de la fruta
<i>A. barnesi</i> Aldrich, 1925	Mosca de la fruta
<i>A. chichlayae</i> Greene, 1934	Mosca de la fruta
<i>A. cryptostrepha</i> Hendel, 1914	Mosca de la fruta
<i>A. curitis</i> Stone, 1942	Mosca de la fruta
<i>A. dissimilis</i> Stone, 1942	Mosca de la fruta
<i>A. distans</i> Hendel, 1914	Mosca de la fruta
<i>A. distincta</i> Greene, 1944	Mosca del paca
<i>A. fraterculus</i> Wiedemann, 1830	Mosca sudamericana de la fruta
<i>A. freidbergi</i> Norrborn, 1993	Mosca de la fruta
<i>A. grandis</i> Macquart, 1846	Mosca sudamericana de las cucurbitáceas
<i>A. hermosa</i> Norrborn, 1988	Mosca de la fruta
<i>A. kuhlmanni</i> Lima 1934	Mosca de la fruta
<i>A. lambda</i> Hendel, 1914	Mosca de la fruta
<i>A. lanceola</i> Stone, 1942	Mosca de la fruta
<i>A. leptozona</i> Hendel, 1914	Mosca de la fruta
<i>A. macrura</i> Hendel, 1914	Mosca de la fruta
<i>A. manihoti</i> Lima, 1934	Mosca de la fruta
<i>A. montei</i> Lima, 1934	Mosca de la fruta
<i>A. nigripalpis</i> Hendel, 1914	Mosca de la fruta
<i>A. obliqua</i> Macquart, 1835	Mosca de la ciruela
<i>A. ornata</i> Aldrich, 1925	Mosca de la fruta
<i>A. pickeli</i> Lima, 1934	Mosca de la fruta
<i>A. pseudoparallela</i> Loew, 1873	Mosca de la fruta

<i>A. schultzi</i> Blanchard, 1938	Mosca de la fruta
<i>A. serpentina</i> Wiedemann, 1830	Mosca de las sapotáceas
<i>A. shannoni</i> Stone, 1942	Mosca de la fruta
<i>A. sororcula</i> Zucchi	Mosca de la fruta
<i>A. steyskali</i> Koritkowski, 1975	Mosca de la fruta
<i>A. striata</i> Schiner, 1868	Mosca de la guayaba
<i>A. tecta</i> Zucchi, 1979	Mosca de la fruta
<i>A. turicai</i> Blanchard, 1961	Mosca de la fruta
<i>A. willei</i> Koritkowski, 2001	Mosca de la fruta

c. **Biología de las moscas de la fruta**

Las moscas de la fruta tienen un ciclo de vida completo (holometábola), es decir, atraviesan por cuatro estados biológicos diferenciados: huevo, larva, pupa y adulto. El ciclo se inicia cuando las hembras adultas ovipositan bajo el pericarpio, el estado de huevo tiene una duración que está en función de las condiciones ambientales y varía de 2 a 7 días en verano y de 20 a 30 días en invierno, al final de los cuales eclosionan y emergen las larvas las mismas que comienzan a alimentarse del fruto. El estado larval atraviesa por tres estadios, con una duración de 6 a 11 días, dependiendo de las condiciones ambientales, la larva madura del tercer estadio abandona el fruto, esta situación es usualmente coincidente con su caída, la larva al abandonar el fruto se entierra 2 – 3 centímetros de profundidad del suelo y se transforma gradualmente en pupa (Matheus 2005).

El estado de pupa tiene una duración de 9 – 15 días, aunque durante el verano y en condiciones de baja temperatura se puede prolongar por meses. Una vez alcanzada la madurez fisiológica, el adulto emerge del pupario rompiendo éste con el ptilinum. El adulto puede llegar a vivir hasta tres meses bajo condiciones favorables y tener hasta doce generaciones por año.

Huevo. - Puede diferir en forma y tamaño en las distintas especies, pero por lo general son de color blanco cremoso, de forma alargada y ahusada en los extremos, su tamaño es menor de 2 mm y en algunos casos el corión se encuentra ornamentado.

Larva. - Su longitud varía de 3^a 15 mm. Muestran forma ensanchada en la parte caudal y se adelgazan gradualmente hacia la cabeza; son de color blanco o blanco amarillento, su cuerpo está formado por 11 segmentos; tres corresponden a su región torácica y ocho al abdomen, además de la cabeza, ésta última no se encuentra esclerosada, es pequeña, retráctil y en forma de cono. Conforme crecen y se alimentan, forman una serie de galerías en la pulpa del fruto que al oxidarse produce la proliferación de bacterias y otros microorganismos que crean zonas necróticas, fibrosas y endurecidas de color café que muchas veces se confunden con galerías de barrenadores.

Pupa. - Es una cápsula cilíndrica, con 11 segmentos, el color varía en las distintas especies, presentando varias tonalidades, combinaciones entre café, rojo y amarillo, su longitud es de 3 a 10 mm, y su diámetro de 1.25 a 3.25 mm.

Adulto. - Tiene el cuerpo amarillo, naranja, café o negro, y combinaciones entre éstos, se encuentra cubierto de pelos o cerdas, cabeza grande y ancha, recta o inclinada hacia atrás, ojos grandes de color generalmente verde luminoso o violeta, en el tórax se encuentran tres regiones características que llevan gran cantidad de setas, ampliamente cubiertas de fina pubescencia y presentan bandas o manchas que difieren en las distintas especies. Alas grandes, con bandas y manchas de color negro, café, naranja o amarillo formando diversos patrones de coloración. (Matheus 2005).

En el Cuadro 1 se puede observar la duración de los diferentes estados biológicos de las moscas de la fruta.

Cuadro 1: Biología de las dos especies de moscas de la fruta

Especie	Duración en días*			Fecundidad de huevecillos	Nº de generaciones / año
	Huevo	Larva	Pupa		
<i>Ceratitis capitata</i>	2 – 7	6 – 11	9 – 15	300 – 800	12
<i>Anastrepha fraterculus</i>	3	12 - 14	12 - 14	400 – 800	8 - 10

*La duración de cada etapa depende de las condiciones ambientales.

Fuente: Navarro (2000)

d. Factores de mortalidad natural de las moscas de la fruta

En los adultos son muchos los factores de mortalidad y se expresan de diferentes maneras. Sobresalen los factores abióticos: alimento, temperatura, humedad e inclemencias climáticas. Dentro de los factores climáticos destacan: parasitismo, enfermedades (bacterias, hongos, nemátodos) y depredación.

Las larvas con frecuencia mueren por sobrecalentamiento del fruto. Además, son atacadas por enfermedades de tipo bacteriano o por depredadores (hormigas, nitidúlidos). Finalmente existen muchos parasitoides que en ocasiones logran parasitar hasta 80 por ciento de una población nativa. Los parasitoides más comunes son de larvas, prepupas y pupas.

Las pupas sufren parasitismo, depredación y ataques de microorganismos, hongos y bacterias. Además, frecuentemente mueren por deshidratación o por temperaturas muy bajas. Otro factor importante es el exceso de humedad que provoca anoxia o proliferación de microorganismos (Aluja 1993).

e. Control biológico de moscas de la fruta

Tradicionalmente el control biológico forma parte de los programas de manejo integrado de moscas de la fruta. Este mecanismo de control es, desde un punto de vista ecológico, muy conveniente y puede resultar bastante económico. Aparece de forma natural y hay autores como Knippling que consideran que un incremento artificial en el número de los parásitos puede generar controles de más del 65 por ciento. Las condiciones óptimas para el desarrollo de los enemigos naturales son: un agro-ecosistema estable, con cultivos de tipo perenne. Los frutales cumplen perfectamente este requerimiento (Aluja 1993).

Dentro de los enemigos naturales que afectan a las moscas de la fruta destacan los siguientes; parasitoides, predadores y enfermedades. Los predadores son las hormigas (Hymenoptera), nitidúlidos (Coleóptera) y otros insectos que atacan las larvas, y las arañas, lagartijas y aves que atacan a los adultos. Existen algunas enfermedades bacterianas y

fungosas que también pueden producir mortalidad (*Serratia marcesens*, entre otras), pero su aplicación y efectividad han sido poco estudiadas (Aluja 1993).

2.2.2 Los hongos entomopatógenos

a. Control microbiano

El *control microbiano* es una rama del control biológico de insectos que trata de la utilización racional de los patógenos, orientado a la manutención de poblaciones de plagas a niveles no económicos (Alves 1998).

b. Generalidades de los hongos entomopatógenos

Los primeros microorganismos que se encontraron causando enfermedad en insectos fueron los hongos por su crecimiento macroscópico sobre la superficie de sus hospederos. Algunos hongos entomopatógenos, sin embargo, no producen crecimiento superficial o producen muy poco. La mayoría son patógenos obligados o facultativos y algunos son simbióticos. Su crecimiento y desarrollo están limitados principalmente por las condiciones ambientales externas en particular, alta humedad y temperatura adecuada para la esporulación y germinación de esporas. Las enfermedades causadas por estos hongos son denominadas “micosis” (Tanada and Kaya 1993, citados por Alean 2003).

Los hongos entomopatógenos infectan individuos en todos los órdenes de insectos; la mayoría comúnmente son Hemiptera, Diptera, Coleoptera, Lepidoptera, Hymenoptera y Orthoptera. (David 1967 citado por Tanada and Kaya 1993, Ferron *et al.* 1975).

Los hongos entomopatógenos son un grupo de microorganismos ampliamente estudiados en todo el mundo, existiendo más de 700 especies reunidas en 100 géneros. Ellos tienen la particularidad de parasitar a diferentes tipos de artrópodos (insectos y ácaros) y de encontrarse en los hábitats más variados, ya sean acuáticos o terrestres y, dentro de éstos, en cultivos anuales, semiperennes y perennes (Lecuona 1996).

Su importancia, dentro de un programa de Manejo Integrado de Plagas, lo demuestran las formulaciones que fueron y son realizadas con ellos y que son empleadas en diferentes países. Actualmente las especies que están siendo más estudiadas en programas de cooperación con la industria son *Metarrhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana*, *B. brongniartii*, *Verticillium (Lecanicillium) lecanii*, *Paecilomyces fumosoroseus* y *Lagenidium giganteum* para el control de plagas de pasturas, de suelo, de invernáculo y mosquitos (Lecuona 1996).

Entre los géneros más importantes están: *Metarrhizium*, *Beauveria*, *Aschersonia*, *Entomophthora*, *Zoophthora*, *Erynia*, *Eryniopsis*, *Akanthomyces*, *Fusarium*, *Hirsutella*, *Hymenostilbe*, *Paecilomyces* y *Verticillium* (López y Hans Börjes 2001, citados por Alean 2003).

En la naturaleza, los hongos entomopatógenos pueden eliminar o mantener las plagas en niveles que no ocasionan daños económicos a los cultivos (Azevedo J.L. y Melo I.S. 1998). Estos hongos se encuentran en rastrojos de cultivos, estiércol, en el *suelo*, las plantas; logrando un buen desarrollo en lugares frescos, húmedos y con poco sol. Constituyen, además, el grupo de mayor importancia en el control biológico de insectos plagas. Prácticamente, todos los insectos son susceptibles a algunas de las enfermedades causadas por hongos (López y Hans Börjes 2001, citados por Alean 2003).

Van Driesche (2007), reporta que más de 400 especies de hongos que infectan insectos han sido reconocidas (Hall y Papierok, 1982). La mayoría de la atención se ha enfocado alrededor de 20 especies (Zimmermann, 1986) de 12 géneros (Roberts y Wraight, 1986). Incluyen a *Lagenidium* (considerado ahora no un hongo verdadero sino un miembro del Reino Straminipila), *Entomophaga*, *Neozygites*, *Entomophthora*, *Erynia*, *Aschersonia*, *Verticillium*, *Nomuraea*, *Hirsutella*, *Metarrhizium*, *Beauveria* y *Paecilomyces*.

c. Mecanismo específico de acción

Los hongos entomopatógenos actúan principalmente por *contacto*, cuando el hongo es capaz de penetrar dentro del insecto e invadirlo, provocándole la muerte por *micosis*.

Además, la mayoría de estos hongos producen sustancias *líticas* y *toxinas* que ayudan a la penetración y a inhibir los mecanismos de defensa de los insectos entre otras formas de

actuar. Aun cuando muchas de estas toxinas se producen sólo en el interior del insecto, se ha demostrado que muchas especies de hongos pueden producir durante su reproducción metabolitos bioactivos con efecto insecticida, lo que potencia su acción, lo cual debe tenerse en cuenta al diseñar un esquema de producción (Fernández-Larrea 1994).

d. Eficacia

La eficacia de los hongos entomopatógenos en campo está relacionada con la temperatura y la humedad relativa, especialmente en condiciones tropicales y subtropicales, estos factores juegan un papel básico en el inicio de la infección, periodo de incubación y viabilidad de estos microorganismos (Berlanga 2002).

Las especies *B. bassiana*, *B. brongniartii*, *M. anisopliae* y *L. lecanii*, siendo patogénicas para insectos, no han sido reportadas afectando la salud humana (Staib 1998, citado por Gómez 1999a).

e. Etapas de infección de los hongos entomopatógenos

El desarrollo de los hongos entomopatógenos y en particular para los Deuteromycetes puede ser dividido en diez etapas (Roberts y Humber 1981); de manera general el desarrollo de una micosis en insectos comienza por la 1) adhesión al tegumento y la 2) germinación de los conidios o esporas sobre éste. Luego se produce la 3) penetración a través de la cutícula del insecto, la 4) multiplicación del hongo en el hemocele y la producción de 5) toxinas (en ciertos hongos o cepas). Sobreviene entonces la 6) muerte del insecto y el hongo 7) coloniza todo el interior del hospedante. Posteriormente el micelio sale hacia el exterior 8) emergencia, pasando a través del tegumento, 9) esporula sobre la superficie del insecto y finalmente los propágulos son 10) diseminados al medio. Cada uno de estos pasos son importantes no sólo para provocar la muerte del hospedante sino también para la posterior diseminación en el hábitat (Lecuona 1996).

f. Ventajas del control microbiano

Según Lecuona (1996), Antela (2004) y Alves (1998), los entomopatógenos presentan las siguientes ventajas:

- **Especificidad / Selectividad.** - Los entomopatógenos tienen grados de especificidad variables ya que algunos parasitan a un solo hospedante mientras que otros son capaces de hacerlo sobre diferentes especies de insectos. Este fenómeno de especificidad hace posible que los entomopatógenos puedan ser bien integrados al MIP, seleccionándose aquellas cepas de microorganismos que presenten selectividad o baja mortalidad para otros enemigos naturales como parasitoides y predadores.

La especificidad / selectividad está de acuerdo con los conceptos básicos de la filosofía del MIP según la cual se maximiza la acción de los enemigos naturales lo cual debe ser uno de sus principales objetivos. La aplicación de un entomopatógeno no afecta los enemigos naturales de la plaga con lo cual el control natural no se ve afectado lo cual se suma al control que realiza en sí el entomopatógeno (Batista 1998).

- **Multiplicación, dispersión natural y producción.** - Los patógenos se multiplican y dispersan dentro del mismo agro-ecosistema lo que posibilita su transmisión generacional y un nivel de reducción natural de la plaga. Pueden permanecer en el área tanto en insectos vivos invernantes, o en sus cadáveres, como en el suelo. Además, pueden ser transmitidos de una generación a otra de un insecto plaga, al contaminar huevos o desoves, e infectando las crías recién nacidas. También los patógenos facultativos pueden ser producidos en medios de cultivo artificiales en grandes cantidades.
- **Efecto secundario.** - En ciertos casos, el microorganismo no ocasiona la muerte directa del insecto, pero provoca alteraciones en su ciclo biológico, como la disminución de la oviposición y de la viabilidad de los desoves, o el aumento de la sensibilidad a otros agentes de control biológicos o químicos. Estos efectos, muy comunes, no siempre son considerados en los experimentos con entomopatógenos.
- **Control permanente.** - Si el patógeno logra introducirse y colonizar un agro-ecosistema, especialmente en cultivos perennes o semiperennes, puede

mantener a la población de la plaga por debajo de niveles de daño económico. Si encuentra las condiciones adecuadas para parasitar a su hospedero, se reproduce y renueva en forma continua, haciendo innecesarias nuevas aplicaciones.

- **Aplicación.** - Con las debidas adaptaciones los patógenos pueden ser aplicados con las máquinas convencionales usadas para tratamientos químicos, incluyendo aeronaves.
- **Aplicación asociada.** - Los insecticidas microbianos pueden ser aplicados con sub-dosis de insecticidas químicos selectivos para obtener un efecto sinérgico y un control más rápido y eficaz de la plaga, así como realizar mezclas de patógenos. Esto no requiere de máquinas o equipos especiales.
- **Polución y toxicidad.** - Los entomopatógenos no contaminan el ambiente ni son tóxicos para el hombre y otros animales superiores.
- **Resistencia.** - La probabilidad de aparición de resistencia en los insectos es extremadamente baja, si se la compara con la alta probabilidad que tienen de adquirirla a los agroquímicos.
- **Comercial.** - La comercialización de alimentos protegidos con productos biológicos posibilita su preferencia en el mercado por ser alimentos sanos y en algunos casos el precio de venta es más elevado.
- **Económicas.** - En países menos industrializados y con mano de obra más barata, tanto la producción de estos insumos biológicos, como su manejo en el agro-ecosistema permitirían un ahorro de divisas considerable, debido a la reducción de las importaciones de insecticidas.
- **Resurgencia de plagas.** - El uso de insecticidas microbianos no favorece la resurgencia de plagas secundarias o terciarias, como sucede con los productos químicos.

- **Ingeniería genética.** - Pueden sufrir modificaciones genéticas en laboratorio, dando origen a razas de amplio espectro o más específicas, de acuerdo a las necesidades, o también ser utilizados para la obtención de plantas transgénicas.
- **Costo de desarrollo y registro.** - A pesar que el costo de su desarrollo debe ser aproximadamente el mismo que de los productos químicos (no es correcto pensar que los microbianos pueden ser desarrollados con menor costo), los gastos de registros de los productos microbianos cuestan cerca de 80 a 90 por ciento menos que con los productos químicos.

g. Desventajas del control microbiano

Según Lecuona (1996), Antela (2004), y Alves (1998), las desventajas que han limitado el desarrollo de esta técnica en años pasados son:

- **Espectro de acción.** - La especificidad de algunos patógenos puede ser interpretada como una desventaja económica en relación a los productos químicos de amplio espectro que actúan sobre diversas plagas. Pero, razas de patógenos pueden ser seleccionadas adecuadamente para un agroecosistema que se está manejando, orientado al control de diversos insectos al mismo tiempo. Algunas razas de *M. anisopliae* aplicadas en caña de azúcar consiguen colonizar cigarritas y broca de la caña (Alves 1998).
- **Condiciones climáticas.** - Determinados patógenos son muy sensibles a ciertos parámetros climáticos como temperatura, humedad relativa, luminosidad, radiación, etc., que pueden perjudicar su acción. Algunos de estos inconvenientes pueden ser superados con el tipo de formulación y mediante el uso de aditivos (protectores solares, aceites, anti-desecantes) y el momento de aplicación (horas de menor insolación).
- **Almacenamiento.** - Los entomopatógenos requieren mayores cuidados en esta etapa para evitar pérdidas de su patogenicidad o disminución de su virulencia.

Para ello la selección de cepas del microorganismo como su formulación pueden disminuir estos daños. En años recientes se ha reportado periodos de almacenamiento de 7 años conservando su viabilidad y capacidad infectiva.

- **Periodo de aplicación.** - Se debe tener en cuenta el ciclo evolutivo del patógeno y del cultivo para planificar las aplicaciones y lograr reducir la población de la plaga antes que alcance el nivel de daño económico. Se debe recordar que se aplica un organismo vivo y no una molécula.

- **Menor velocidad de acción.** - En general, los biopesticidas no matan instantáneamente. Alcanzan buenos niveles de control entre una y tres semanas, después de la aplicación, dependiendo de la plaga y del ambiente, sin embargo, el insecto deja de ser plaga al ser parasitado por el hongo, deja de alimentarse mucho antes de morir, disminuyendo el daño. La aplicación de insecticidas microbianos debe ser planificada de acuerdo al periodo de incubación del patógeno, de modo que el insecto pueda ser eliminado antes de perjudicar económicamente al cultivo.

- **Potencial de inóculo adecuado y estrategias.** - Los productos microbianos sólo funcionan cuando son aplicados correctamente, suministrando un potencial de inóculo adecuado y suficiente para provocar enfermedad por ingestión o contacto, usando estrategias previamente seleccionadas.

- **Comercial.** - Algunos patógenos pueden provocar la adherencia de insectos muertos a la planta o frutos tratados lo cual puede afectar la aceptación de esos productos cuando no son previamente lavados.

- **Seguridad.** - Los productos microbianos pueden representar riesgos para el consumidor o para el ambiente si son manipulados incorrectamente, asimismo el manipuleo biológico representado por repiques sucesivos, producción masal en grandes fermentadores, transformaciones genéticas deben ser monitoreados para evitar la producción de contaminantes o de otras formas biológicas indeseables.

Para cada plaga importante es posible seleccionar un patógeno eficiente para su control. Es necesario, sin embargo, tener en mente que el empleo de los patógenos difiere de los insecticidas químicos normalmente utilizados. En tanto los métodos químicos consiguen una reducción rápida y temporal de los daños económicos causados por un complejo de plagas, los productos microbianos consiguen más lentamente resultados semejantes y más duraderos (Alves 1998).

La *enfermedad* es una interacción ecológica dinámica entre hospedero y patógeno, influenciados directamente por el ambiente en que se encuentran, resultando en modificaciones morfofisiológicas en los sistemas biológicos. Así, las enfermedades en los insectos pueden ser clasificadas en:

- Enfermedad *enzoótica*, que ocurre anualmente en una población de insectos. Sus características son bien definidas, pudiendo ocurrir algunas variaciones. El nivel de prevalencia o de enzooticidad normalmente no es elevado en condiciones de estabilidad de la enfermedad. Estas enfermedades son reguladas por factores que las conducen a un patrón estable.
- Enfermedad *epizoótica*, no es regulada por los mismos factores que controlan a las enfermedades enzoóticas. En este caso la enfermedad aparece esporádicamente, provocando grandes variaciones en la prevalencia e incidencia. Las epizootias pueden arrasarse con poblaciones de insectos en cortos espacios de tiempo (Alves 1998).

Los patógenos, para ser eficientes, necesitan ser empleados correctamente, a través de una estrategia que deberá ser seleccionada, considerando las características del cultivo, la bioecología del insecto y del patógeno. El objetivo máximo de cualquier estrategia es el establecimiento enzoótico del patógeno. Las principales *estrategias* son las siguientes:

- Introducción *inoculativa*; con este procedimiento se busca la lenta y continua eliminación de la plaga en lugares donde el patógeno aún no está presente. Puede ser realizado a través de transferencias de pequeñas cantidades de

inóculo, por introducción de insectos contaminados, cadáveres, pedazos de plantas, medios de cultivo con los patógenos y asimismo mediante la pulverización de pequeñas áreas o algunas plantas con los patógenos tratando de introducirlos al agroecosistema. Normalmente los patógenos empleados son lentos y su establecimiento en el área es largo.

- Introducción *inundativa*; este procedimiento busca la supresión rápida de la plaga por la aplicación de una gran cantidad de inóculo de un patógeno, donde el mismo puede o no estar presente. El patógeno, normalmente de acción rápida, debe actuar independientemente de la densidad poblacional de la plaga y del inóculo existente en el área, asumiendo características de un insecticida químico.
- Aumento o *incremento*; Esta estrategia admite que el patógeno ya se encuentra presente en el lugar, pero su ocurrencia sobre las plagas es tardía y así, normalmente no se consigue evitar los daños a las plantas. Como el patógeno ya se adaptó al ambiente existen grandes probabilidades de éxito en el control de la plaga. Así el patógeno necesita de un aumento o incremento en su densidad de inóculo buscando la formación de focos primarios o de un potencial de inóculo capaz de anticipar epizootias para la reducción de la población de la plaga antes que alcance niveles de daños económicos (Batista 1998).

h. Capacidad de sobrevivencia de los patógenos

La capacidad de sobrevivencia de los patógenos en el ambiente es variable para los diferentes grupos y así mismo entre las razas. Así, algunos agentes pueden permanecer viables por horas (virus) o de 1 a 90 días (conidias, esporas de microsporidios). Los deuteromycetes normalmente no tienen estructuras especiales de sobrevivencia, por ejemplo el hongo *M. anisopliae* no puede persistir solo, formando pequeños corpúsculos parecidos a microesclerocios, con hifas fuertemente entrelazadas en su exterior. Para *B. bassiana* y otros hifomicetos es común la formación de sinemios (sinema) caracterizados por un entrelazamiento de hifas que puede ser considerado una forma de protección de las hifas más internas de la estructura.

Los hongos entomopatógenos son capaces de vivir en forma saprofítica sobre materia orgánica, por esto los lugares en donde se encuentran con mayor frecuencia corresponden a zonas poco intervenidas o a huertos orgánicos (A. France y M. Gerding, datos sin publicar), donde existe una alta cantidad de materia orgánica y el uso de productos químicos, que afectan la sobrevivencia y germinación del hongo, es muy bajo o nulo. Por consiguiente, un factor importante a considerar al momento de la aplicación en terreno, es mantener un adecuado nivel de materia orgánica en el suelo y evitar el uso de pesticidas químicos, para asegurar la sobrevivencia del inóculo y por ende un eficiente control de la plaga (Gherdin y France 1999).

El suelo puede albergar tanto a insectos como a los entomopatógenos. Es en este ambiente complejo donde los microorganismos sufren la acción de los factores bióticos y abióticos, teniendo como consecuencia una mayor o menor permanencia a las condiciones de campo.

Los hongos entomopatógenos pueden vivir en el suelo por periodos variables, los principales deuteromycetes como *M. anisopliae* y *B. Bassiana*, luego de parasitar a los insectos pueden permanecer colonizando el cadáver por un periodo relativamente largo a la espera de un nuevo hospedante. La mayor parte de sus conidias difícilmente conseguirán sobrevivir por más de tres meses en los diferentes tipos de suelo, sin embargo, existen algunas estructuras de resistencia que pueden ser responsables por una mayor permanencia en ese medio. En otros casos, los suelos con cobertura vegetal pueden ser más favorables para la preservación de *B. bassiana*. (Quintela 1986, citado por Lecuona 1996).

El suelo es un medio caracterizado por alta humedad, moderadas temperaturas (en suelos cubiertos por vegetación) y no es afectado por la radiación solar ultravioleta, estas características confieren a los hongos entomopatógenos un ambiente apropiado para su sobrevivencia. Esto depende de la cepa fúngica, pudiendo permanecer activos desde unos pocos meses hasta 2 años (Fargues y Robert 1985). Sin embargo, otros factores influyen como ciertas sustancias fungicidas o fungistáticas secretadas por la microflora natural, exudados radiculares y otros compuestos orgánicos e inorgánicos, entre ellos los agroquímicos.

Los hongos entomopatógenos más frecuentemente encontrados en el suelo son *M. anisopliae*, *B. bassiana* y *Paecilomyces spp.* y son precisamente esas especies las que

parasitan a los insectos de suelo (y de los que transcurren parte de su ciclo biológico en él) y presentan grandes probabilidades de éxito dentro del control microbiano (Gassen, 1989, Ripa y Rodríguez 1989, Zimmerman 1992, Tigano – Milani et al. 1993; citados por Lecuona 1996).

i. Características de *Beauveria bassiana*

El género *Beauveria* es parásito de un gran número de artrópodos, ocurriendo en más de 200 especies de insectos y ácaros, incluyendo garrapatas. Los individuos atacados se presentan cubiertos por micelio blanco que esporula en condiciones adecuadas de humedad y luz. Las fiálides son representadas por células con una región basal más voluminosa que se organizan en conidióforos, densamente agrupadas en espirales o solitarias. Los conidios globosos, ovoides, cilíndricos, verrugosos, curvados o no, aparecen sobre las astas de las fiálides, que pueden ser simples, con algunas ramificaciones en la parte superior y en zigzag. La fase *telemorfa* (sexual) ha sido poco estudiada, puede ocurrir como *Cordyceps*.

Beauveria bassiana es una especie de ocurrencia generalizada en todos los países, siendo más frecuente sobre los insectos y en muestras de suelo, donde puede subsistir por largo tiempo en saprogénesis. Este fue el primer hongo en ser estudiado con detalles por el italiano Agostino Bassi. En condiciones de laboratorio puede colonizar a la mayoría de insectos, siendo que en campo ocurre de forma enzoótica y epizoótica en coleópteros, lepidópteros, hemípteros y en ocurrencias enzoóticas sobre dípteros, himenópteros y ortópteros.

La infección ocurre normalmente vía tegumento, donde el hongo germina en 12 a 18 horas, dependiendo de la presencia de nutrientes, representados por glucosa, quitina, nitrógeno, etc. La infección oral puede ocurrir para algunos insectos, siendo también posible la penetración vía sistema respiratorio por los espiráculos. La penetración tegumentaria ocurre debido a una acción mecánica y química (enzimática) lo que lleva cerca de 12 horas, transcurridas 72 horas de inoculación el insecto se presenta totalmente colonizado. Sobre el cadáver ocurre la formación de gran cantidad de conidióforos y conidios característicos de la especie y dentro de las estructuras fúngicas ocurren cristales de diferentes toxinas.

La duración de las diferentes fases del ciclo de las relaciones patógeno – hospedero depende de las especies de insectos y de las condiciones reinantes durante la ocurrencia de la enfermedad. Las condiciones favorables son humedad relativa en torno de 90 % y temperatura entre 23 a 28 °C, siendo el límite mínimo y máximo de crecimiento aproximadamente 5 a 35 °C respectivamente dependiendo del aislado. Larvas de *D. saccharalis* cuando son sometidas a un elevado potencial de inóculo a una temperatura media de 25 °C y HR de 90 por ciento, sufren las consecuencias del patógeno después de 48 horas, cuando reducen su alimentación, parando este proceso después de 72 horas. Después de ese periodo surgen manchas oscuras distribuidas por el tegumento y patas, con aparición de una coloración rosada o avermellada causada por la oosporina, pigmento vermello con actividad bactericida, el cual evita la proliferación de otros microorganismos dentro del cadáver. En seguida ocurre la muerte de cerca de 30 % de los insectos inoculados. Después de 96 horas ocurre el 100 por ciento de mortalidad y el hongo pasa a crecer saprofiticamente sobre todos los órganos internos, saliendo, en seguida, por las aberturas naturales y membranas inter segmentarias recubriendo las larvas con una pelusilla de color blanco a blanco crema, resultante del crecimiento y esporulación del patógeno.

Se tiene reportes que este hongo afecta a *Leptinotarsa decemlineata* y *Cydia pomonella* en Rusia, *Ostrinia nubilalis* en China, Hormiga *Solenopsis invicta* y *Atta sp.*, moscas domésticas, *D. saccharalis*, ninfas y adultos de langostas (Brasil) (Alves 1998).

j. Características de *Lecanicillium lecanii*

El hongo *Lecanicillium (Verticillium) lecanii* es un patógeno que ocurre frecuentemente sobre pulgones y cochinillas en las regiones tropicales y sub-tropicales. También ha sido reportado sobre insectos de los órdenes Coleoptera, Diptera, Hymenoptera y sobre ácaros eriofídeos. El género *Verticillium (=Acrostalagmus)* se caracteriza por presentar fiálides puntiagudas, saliendo el conidióforo de la rama principal. Los conidios generalmente elípticos de 2.5 a 7 µm son envueltos por una masa gelatinosa de forma esférica de donde normalmente emiten los tubos germinativos. La fase telemorfa fue determinada para el género como *Cordyceps* o *Torrubiella*.

Las condiciones favorables para el patógeno, según Hall (1981) citado por Alves (1998), son humedad elevada (encima de 85 por ciento) y temperatura entre 20 a 25 °C (rango soportable de 18 a 35 °C).

En Inglaterra ha sido utilizado en condiciones de laboratorio para el control de pulgones *Macrosiphoniella sanborni*, *Brachycaudus helichrysi*, *Myzus persicae* y *Aphis gossypii* y las moscas blancas *Trialeurores vaporariorum* y *Bemisia tabaci*, también en adultos y larvas de trips. La presencia de insectos enfermos es fácilmente determinada en función de la aparición de un halo blanco envolviendo al insecto atacado, asociado a la estructura característica del conidióforo y los conidios del hongo.

En Brasil ocurre normalmente causando epizootias en poblaciones de cochinillas de cítricos, principalmente sobre *Coccus viridis*, manteniendo las poblaciones de esas plagas en niveles de daños no económicos. También ha sido aislado de diversas especies de pulgones.

k. Características de *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin

El hongo *Metarhizium* es un deuteromiceto de la familia Moniliaceae que se caracteriza por atacar un gran número de especies de insectos. Ampliamente distribuido en la naturaleza, puede ser encontrado fácilmente en suelos, donde sobrevive por largos periodos. Los insectos atacados se tornan duros y cubiertos por una cama pulverulenta de conidios. Al final de la conidiogénesis el cadáver puede mostrar tonos de verde que varían de claro a oscuro. La enfermedad es conocida como muscardina verde contrastando con la muscardina blanca provocada por *Beauveria bassiana*. Los conidios son normalmente uninucleados, hialinos o coloridos y se forman sobre conidióforos simples que, yuxtapuestos, resultan en una masa regular sobre el insecto. Los conidios se pueden formar sobre ramificaciones compuestas de un conjunto de micelio (sinema). Las fiálides clavadas o cilíndricas se originan del vértice de hifas y se colocan una al lado de otra. La masa estromática está compuesta de un agrupamiento de conidias en cadenas que dan origen a estructuras prismáticas compuestas. Su forma sexual (telemorfa) es el género *Cordyceps*.

El primer trabajo de control microbiano usando un hongo entomopatógeno fue realizado por el patologista ruso Ilya Metchnikoff en 1879 aplicando este hongo para el control de larvas de un curculiónido, importante plaga de betarraga. A partir de esa época las variedades y diversas razas de *M. anisopliae* vienen siendo estudiadas sobre muchas especies de insectos. Este patógeno ocurre naturalmente sobre más de 300 especies de insectos de diferentes órdenes incluyendo plagas importantes. (Alves 1998).

l. Características de *Paecilomyces fumosoroseus*

Este género tiene diversas especies entomopatógenicas, siendo las más frecuentes *P. farinosus*, *P. tenuipes*, *P. amoecerosus*, *P. cicadidae*, *P. fumosoroseus*, etc. Los conidióforos son simples o en sinema, verticilados y sosteniendo fiálides con una especie de “cuello”. Los conidios pueden ser elípticos unicelulares, hialinos o pigmentados y las colonias, dependiendo de la especie y medio tienen coloraciones generalmente blanca, amarilla, rosa o avermellada. Su forma perfecta o telemorfa puede ocurrir como ascomiceto (*Cordyceps*, *Torrubiella*). Este género causa la llamada muscardina amarilla en insectos y también posee especies que pueden atacar nemátodos de plantas.

Penetra normalmente vía tegumento, usando la presión física proporcionada por su apresorio y gancho de penetración. Ha sido observado sobre lepidópteros, coleópteros, homópteros y ortópteros.

m.- Utilización de entomopatógenos en el Manejo Integrado de Plagas

El MIP se basa en la utilización de tácticas que priorizan el aprovechamiento del potencial de control natural de las plagas, así el uso del control biológico, incluyendo el uso de prácticas culturales adecuadas para promoverlo forman la base del Manejo Integrado, que puede ser complementado con el uso de insecticidas químicos u otras formas de control.

El MIP necesita de un gran volumen de información orientando la integración armoniosa de ese conocimiento en relación al agro-ecosistema, el cultivo y prácticas culturales, el complejo de plagas y los factores climáticos que afectan a los diferentes componentes de este sistema. Este aspecto es de gran importancia en el área del control microbiano, ya que

relativamente poca información está disponible sobre las condiciones para la ocurrencia de las principales enfermedades en poblaciones de plagas de plantas cultivadas. Las epizootias son bien estudiadas solamente en algunas situaciones especiales, mas, en la mayoría de los casos las condiciones de su manifestación no son conocidas lo suficientemente para que permita su manipulación o, por lo menos, su utilización más racional de esas enfermedades en programas de MIP.

Con relación al uso de enfermedades de insectos en el MIP deben ser considerados dos aspectos: 1) La ocurrencia natural de enfermedades que controlan poblaciones de insectos tanto en los agro-ecosistemas como en otros hábitats, así como la protección de esos patógenos existentes en el sistema; 2) La introducción artificial de patógenos o sus sub-productos en el ambiente, orientado al control de plagas. Esta división permite diferenciar dos prácticas de control microbiano y la consecuente inclusión de los patógenos de insectos en el MIP.

Este segundo aspecto puede ser subdividido en las siguientes estrategias: a) La introducción *inoculativa*, que se caracteriza por la utilización de pequeñas cantidades de inóculo de la enfermedad que es diseminada en la población buscando el control de la plaga; b) Una introducción *inundativa*, que preconiza la utilización de insecticidas microbianos con la aplicación de grandes cantidades de inóculo, buscando un efecto de control inmediato de las plagas; c) *Aumento o incremento*, que busca el aumento de la densidad de los patógenos donde ellos ya ocurren atacando las plagas; d) La utilización de patógenos *modificados genéticamente* y de plantas transgénicas; e) La *conservación y protección* que involucra la manipulación del ambiente (variedades, espaciamientos, etc.) y el uso de insecticidas químicos selectivos (Alves 1998).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LUGAR DE EJECUCIÓN

Laboratorios e invernadero del Centro de Diagnóstico de Sanidad Vegetal del Servicio Nacional de Sanidad Agraria - SENASA, La Molina, Lima.

Huerto de mango en producción, Centro Experimental La Molina – Instituto Nacional de Investigación Agraria, La Molina, Lima.

3.2 MATERIALES E INSUMOS

- Larvas de mosca de la fruta *Ceratitis capitata* de tercer estadio próximas a empupar.
- Larvas de mosca de la fruta *Anastrepha fraterculus* de tercer estadio próximas a empupar.
- Cultivo del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* Cepa CCB-LE265 (F. p. 04/12/06), recuperada de *Hipotenemus hampei* (Puno, fecha de colección: 14/01/2004).
- Cultivo del hongo entomopatógeno *Lecanicillium lecani* Cepa CCB-LE506 (F. p. 04/12/06), recuperada de *Coccus hesperidum* (Chincha, fecha de colección: sin dato).
- Cultivo del hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* Cepa CCB-LE302 (F. p. 04/12/06), recuperada de un Carabidae (Satipo, fecha de colección: 16/05/1996).
- Cultivo del hongo entomopatógeno *Paecilomyces fumosoroseus* Cepa CCB-LE821 (F. p. 21/11/06).

Las larvas de moscas de la fruta fueron proporcionadas por el Centro de Producción del Programa Nacional de Moscas de la Fruta del Servicio Nacional de Sanidad Agraria – SENASA. La Molina – Lima.

Los hongos entomopatógenos cultivados en sustrato de arroz fueron proporcionados por el Centro de Control Biológico, de la Subdirección de Control Biológico – SCB - Servicio Nacional de Sanidad Agraria - SENASA.

3.3 MATERIALES

- Placas Petri (30 unidades).
- Papel secante.
- Agua destilada estéril.
- Lejía.
- Alcohol.
- Cajas de tecnopor N° 25B de 28.5 cm de largo x 20.5 cm. de ancho y 18 cm. de alto (30 unidades) para elaborar las jaulas de experimentación en invernadero (ver figura 1)
- Sustrato o suelo preparado (de vivero) estéril.
- Tapers descartables pequeños (50 unidades).
- Bolsas plásticas de 2 Kg de capacidad (50 unidades).
- Espátula.
- Plumón indeleble.
- Pinzas.
- Colador grande.
- Lupa.
- Alambre galvanizado N° 12.
- Tul.
- Plástico.
- Hilo pavilo.

3.4. EQUIPOS

- Estufa.
- Autoclave frontal.
- Termómetro ambiental.
- Termohigrómetro digital.
- Balanza analítica.
- Cámara de flujo laminar.
- Cámara Newbahuer.
- Microscopio estereoscopio.
- Cámara fotográfica digital.
- Calculadora.
- Computadora.

3.5 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

El experimento constó de tres etapas:

Etapas 1 : Ensayo de laboratorio (Bio-ensayo).

Un solo ensayo

Etapas 2 : Ensayos en invernadero. - Con las siguientes subetapas:

- a) Efecto **inmediato**. – Infestación de larvas **1 día** después de la aplicación de los entomopatógenos al sustrato.
- b) Efecto **residual intermedio**. – Infestación de larvas **45 días** después de la aplicación de los entomopatógenos al sustrato.
- c) Efecto **residual intermedio**. – Infestación de larvas **90 días** después de la aplicación de los entomopatógenos al sustrato.
- d) Efecto **residual Final**. – Infestación de larvas **135 días** después de la aplicación de los entomopatógenos al sustrato.

Etapa 3 : Ensayos de campo. - Con las siguientes subetapas:

- a) Efecto **inmediato.** – Infestación de larvas **1día** después de la aplicación de los entomopatógenos al suelo.
- b) Efecto **residual intermedio.** – Infestación de larvas **45 días** después de la aplicación de los entomopatógenos al suelo.

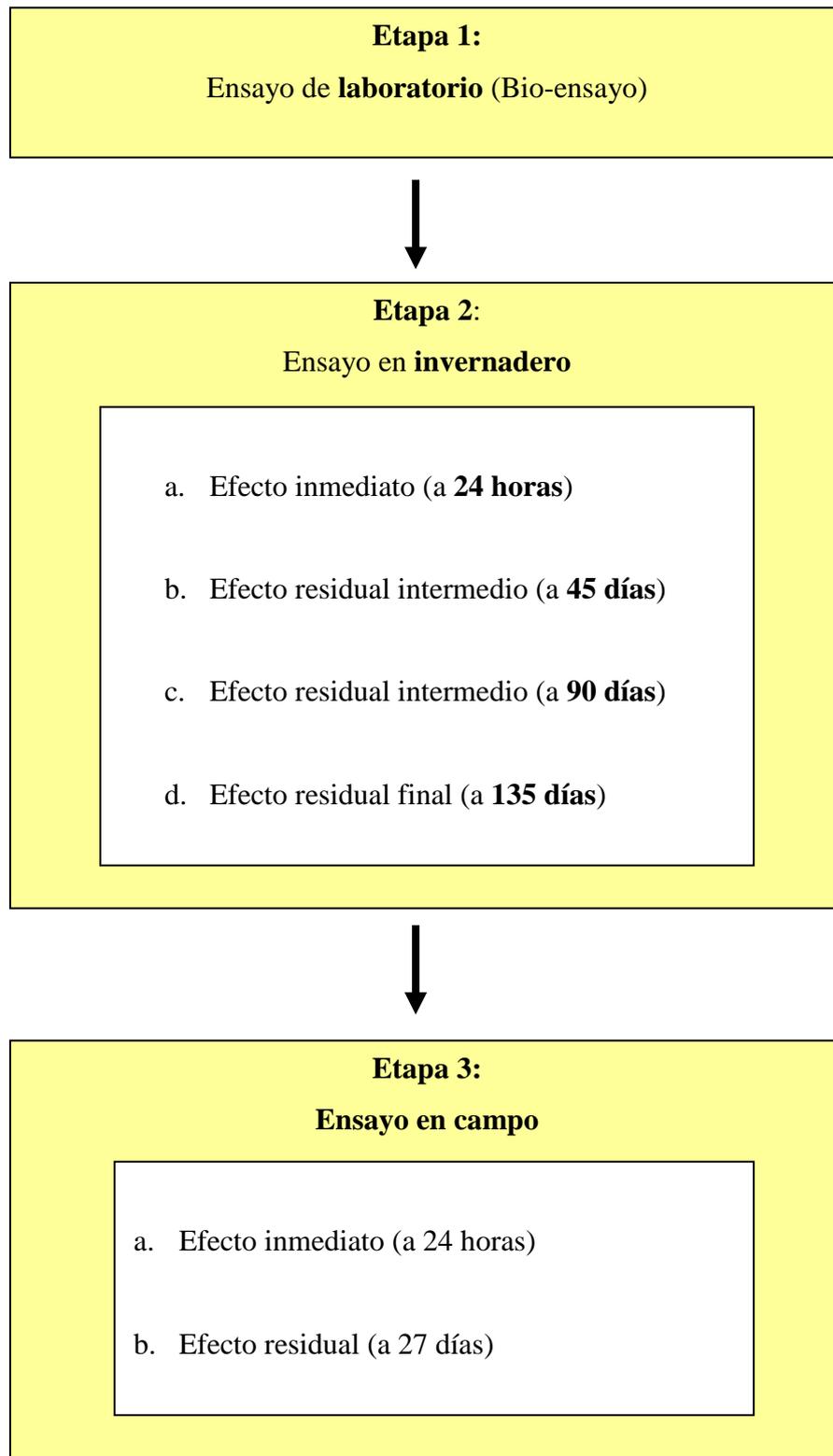


Figura 1: Esquema de la metodología experimental

Fuente: Elaboración propia (2006)

DESCRIPCION DE LAS ETAPAS

Etapa 1: Ensayo de laboratorio (bio-ensayo)

Se colocaron **20** larvas de III estadio próximas a empupar de cada especie de moscas de la fruta en inmersión en una solución de 10^8 esporas / mL de cada hongo entomopatógeno motivo del estudio, por un periodo de cinco minutos, luego fueron colocadas en cada caja petri con papel secante húmedo (Figura 2) las que a su vez fueron colocados en estufa a una temperatura de 27 ± 0.5 °C y 69 por ciento de humedad relativa por un periodo de 20 días hasta la emergencia de los insectos adultos. Simultáneamente se colocaron 20 larvas de cada especie en papel secante húmedo en cada una de tres placas las cuales sirvieron como testigos absolutos.

Durante todo el periodo del experimento en esta etapa se revisó el contenido de humedad del papel de todas las placas humedeciendo periódicamente para mantener la humedad adecuada para el desarrollo de los hongos.

Metodología y momentos de evaluación

A partir de los 14 días hasta los 20 días, periodo en el cual según la bibliografía ocurre la emergencia de los adultos de ambas especies en condiciones normales desde el suelo, se revisó las placas diariamente registrándose el número de adultos que iban emergiendo en cada placa hasta que ya no emergieron más, con lo cual se calculó los porcentajes totales de emergencia o sobrevivencia al tratamiento, por diferencia a este porcentaje se calculó el porcentaje de mortalidad, luego se calculó la eficacia* (mortalidad corregida), mediante una fórmula matemática, por efecto de cada entomopatógeno en contacto directo con las larvas y/o pupas.

* El **porcentaje de Eficacia** fue obtenido con la Fórmula de ABBOT (Corrección de la mortalidad debida a mortalidad en los testigos):

$$M_c = \frac{M_o - M_t}{100 - M_t} \times 100$$

Mc = Porcentaje de eficacia o porcentaje de mortalidad corregida.

Mo = Porcentaje de mortalidad observada.

Mt = Porcentaje de mortalidad del testigo.



Figura 2: Placa de bioensayo en la etapa 1: Laboratorio

Etapa 2.- Ensayo de invernadero

a. Efecto inmediato (1 día)

El suelo preparado se esterilizó mediante *autoclavado* a 122 °C x 20 minutos, para eliminar la presencia de todo microorganismo que pueda interferir en la acción de los entomopatógenos aplicados o llevar a otros efectos en el experimento.

En cajas previamente acondicionadas (figura 3) conteniendo cada una 5.0 Kg (capa de 10 cm) de suelo estéril húmedo a capacidad de campo se aplicaron los hongos en su sustrato de arroz en una dosis de 85 gr/5.00 Kg. de suelo (contenido de cada caja) mezclándose uniformemente con éste hasta una profundidad promedio de 5 cm. Después de 24 horas se realizó la infestación colocando 50 larvas de III estadio de cada especie de mosca de la fruta en la superficie del suelo dejando que se introduzcan por su propio movimiento en el

suelo inoculado. Se dejaron tres cajas con suelo por cada especie sin aplicar ningún hongo, las cuales sirvieron como testigo absoluto.

Durante todo el periodo del experimento en esta etapa se revisó el contenido de humedad del suelo de todas las cajas regando periódicamente para mantenerlo a capacidad de campo y brindar las condiciones favorables para el desarrollo de los hongos.

Metodología y momentos de evaluación

Se utilizó similar metodología y momentos de evaluación que para la etapa de laboratorio.

A partir de los 14 días hasta los 20 días, periodo en el cual según la bibliografía ocurre la emergencia de los adultos de ambas especies en condiciones normales desde el suelo, se revisó las cajas diariamente registrándose el número de adultos que iban emergiendo en cada caja y retirándolos para no confundir el conteo, hasta que ya no emergieron más, con lo cual se calculó los porcentajes totales de emergencia o sobrevivencia al tratamiento, por diferencia a este porcentaje se calculó el porcentaje de mortalidad, luego se calculó la eficacia* (mortalidad corregida), mediante la fórmula de ABBOT ya descrita, por el efecto de cada entomopatógeno en contacto directo con las larvas y/o pupas en esta etapa.

b. Efecto residual intermedio (45 días)

Para evaluar la permanencia, establecimiento o *efecto residual* de los hongos en el suelo, luego de la única aplicación inicial de los hongos y de la emergencia de todos los adultos de la primera infestación, se esperó un periodo de 45 días realizándose una segunda infestación con 50 larvas de cada especie con sus correspondientes testigos.

Se utilizó similar metodología y momentos de evaluación que para la primera sub-etapa anterior en invernadero, con el objetivo de medir el efecto residual de cada hongo entomopatógeno en las pupas después de 45 días de aplicados.

c. Efecto residual intermedio (90 días)

Luego de la segunda infestación y registros correspondientes, se esperó un nuevo periodo de 45 días más realizándose una tercera infestación con 50 larvas de cada especie.

Se utilizó similar metodología y momentos de evaluación que para la primera sub-etapa anterior en invernadero, con el objetivo de medir el efecto residual de cada hongo entomopatógeno en las pupas después de 90 días de aplicados.

c. Efecto residual final (135 días)

Después de 45 días más, totalizando 135 días se realizó una cuarta y última infestación con larvas registrando los mismos datos de las tres primeras infestaciones con la misma metodología.

Al final de esta etapa se recuperaron las pupas que fue posible encontrar tamizando, previo secado del sustrato, todo el suelo de las cajas utilizadas colocándose en cámara húmeda debidamente identificadas realizándose posteriormente la confirmación de la identificación morfológica de cada entomopatógeno causante de la mortalidad de las pupas.



Figura 3: Caja de experimentación para invernadero

Etapa 3. - Ensayo de campo

a. Efecto inmediato (1 día)

En un huerto comercial de mango de 15 años de edad se seleccionaron 4 árboles similares los cuales representaron los bloques para el ensayo, en el área de la proyección de la copa de los árboles se ubicaron las jaulas previamente preparadas* (Figura 4) introduciéndose parcialmente en el suelo a una profundidad promedio de 10 cm., quedando aislada del suelo por el plástico que formó la base de la jaula, en su interior se colocó el propio suelo del huerto a su mismo nivel realizándose una única aplicación de los hongos al voleo mezclando con la primera capa del suelo hasta una profundidad aproximada de 5 cm. a una dosis de 85 g/5 Kg. de suelo (contenido de cada jaula), esta aplicación se realizó en horas del atardecer para minimizar los efectos de la radiación solar.

Al siguiente día se realizó la infestación con 50 larvas de III estadio próximas a empupar de cada especie de mosca de la fruta en cada jaula.

Metodología y momentos de evaluación

A partir de los 14 días hasta los 20 días, se revisó las jaulas diariamente registrándose el número de adultos que iban emergiendo en cada jaula y retirándolos para no confundir el conteo, hasta que ya no emergieron más, con lo cual se calculó los porcentajes totales de emergencia o sobrevivencia a cada tratamiento, por diferencia a este porcentaje se calculó el porcentaje de mortalidad, luego se calculó la eficacia* (mortalidad corregida), mediante la fórmula de ABBOT ya descrita, por el efecto de cada entomopatógeno en contacto directo con las larvas y/o pupas en esta etapa.

b. Efecto residual (45 días)

Posteriormente, después de 27 días se realizó una segunda infestación con 50 larvas más por cada jaula con el consiguiente registro de emergencias, mortalidad y eficacia.

Finalmente, al igual que para la etapa de invernadero, se siguió la misma metodología de recuperación de pupas e identificación morfológica de cada entomopatógeno causante de la mortalidad de las pupas.

*Las jaulas se construyeron con alambre galvanizado N° 12, del mismo ancho y largo que las cajas de experimentación para invernadero (28.5 cm de largo x 20.5 cm. de ancho) recubiertas por plástico grueso en la base y por tul fino en la parte superior con una abertura ajustable en el extremo superior para introducir los hongos, las larvas, y extraer los adultos emergidos (Figura 4).



Figura 4: Jaula de experimentación en campo

3.6 Diseño experimental y análisis estadísticos

Para las etapas 1 y 2 (laboratorio e invernadero) se aplicó el Diseño Completamente Randomizado (DCA), con 5 tratamientos y 3 repeticiones por cada tratamiento totalizando 30 unidades experimentales (Figuras 5, 6 y 7).

Para la etapa 3 (campo) se aplicó el Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), con 5 tratamientos y 4 repeticiones por cada tratamiento totalizando 40 unidades experimentales. Los bloques fueron representados por el área de la proyección de la copa de cada uno de los cuatro árboles donde se instalaron las jaulas de experimentación (Figuras 8, 9 y 10). Para todas las pruebas se aplicó el análisis de varianza independientemente.

Tratamientos en cada etapa

- T1: Testigo *Anastrepha fraterculus*
T2: *Anastrepha fraterculus* x *Beauveria bassiana*
T3: *Anastrepha fraterculus* x *Lecanicillium lecanii*
T4: *Anastrepha fraterculus* x *Metarhizium anisopliae*
T5: *Anastrepha fraterculus* x *Paecilomyces fumosoroseus*
- T6: Testigo *Ceratitis capitata*
T7: *Ceratitis capitata* x *Beauveria bassiana*
T8: *Ceratitis capitata* x *Lecanicillium lecanii*
T9: *Ceratitis capitata* x *Metarhizium anisopliae*
T10: *Ceratitis capitata* x *Paecilomyces fumosoroseus*.



Figura 5: Disposición de las placas en la etapa 1: Laboratorio

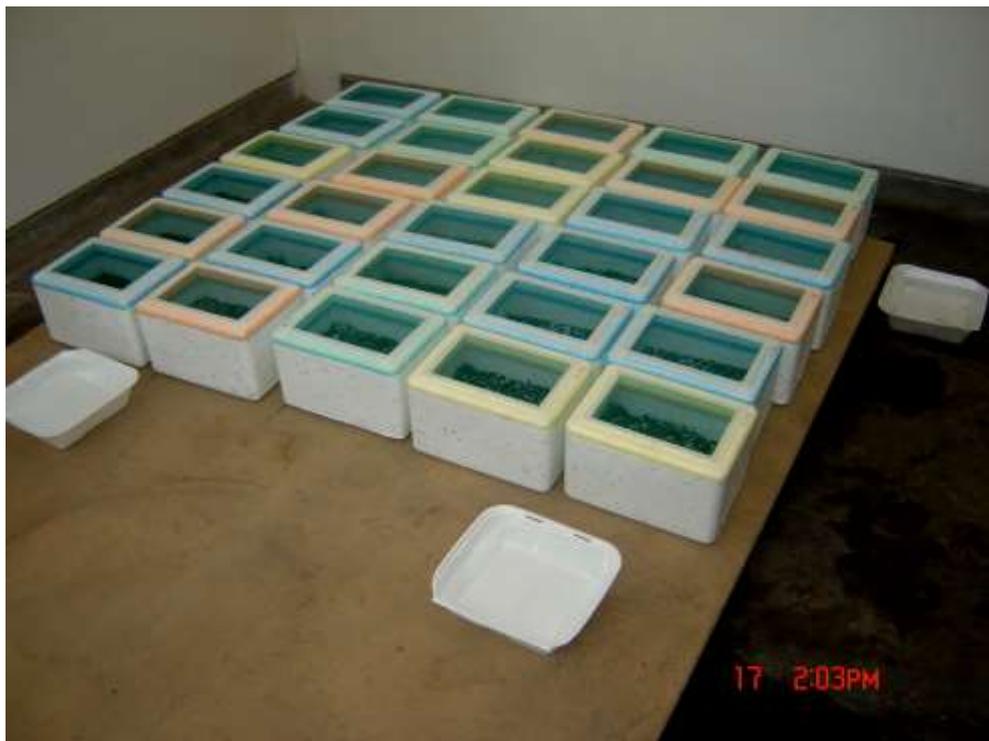


Figura 6: Disposición de las cajas de experimentación en la etapa 2: Invernadero



Figura 7: Disposición de las cajas de experimentación en la etapa 2: Invernadero

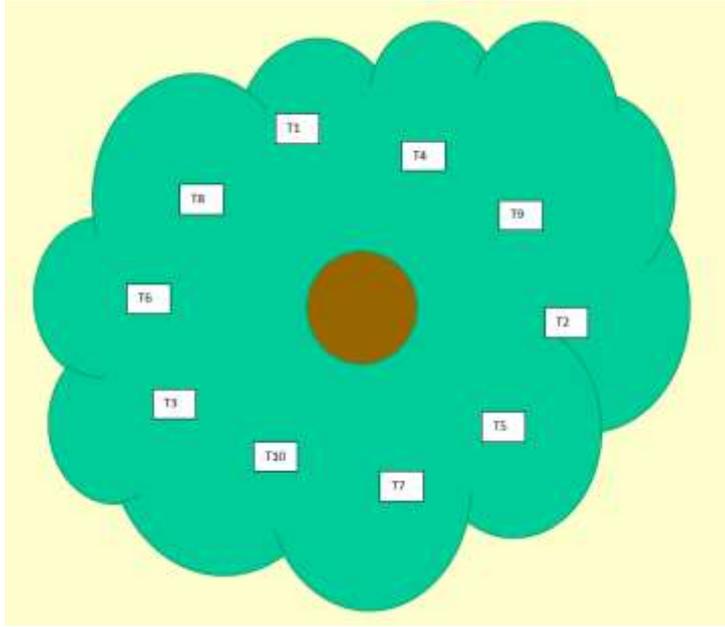
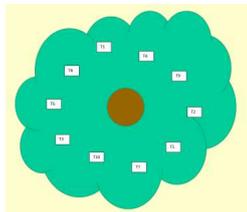
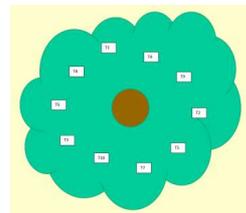


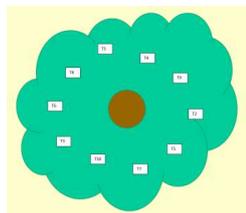
Figura 8: Croquis de distribución de tratamientos en cada bloque (Proyección de la copa del árbol) en la etapa 3: Campo



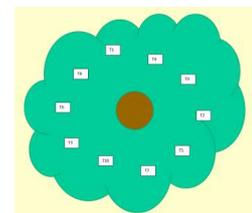
BLOQUE 1



BLOQUE 3



BLOQUE 4



BLOQUE 2

Figura 9: Croquis de disposición de las jaulas de experimentación en la etapa 3: Campo, en cada bloque



Figura 10: Disposición de las jaulas de experimentación en la etapa 3: campo, en cada bloque

Los promedios del porcentaje de mortalidad y eficacia fueron analizados mediante Análisis de Varianza (ANVA) con un nivel de confianza del 95 por ciento completándose con la prueba de DUNCAN.

Los análisis estadísticos fueron realizados con el Programa SAS.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El efecto de los hongos entomopatógenos se ha visto evidenciado por la recuperación en el suelo, mediante un proceso de tamizado, de pupas de las moscas de la fruta en estado de *momificación* las cuales, al ser colocadas en cámara húmeda, presentaron desarrollo de micelio y esporulación de las cuatro cepas de hongos probadas e inoculadas al suelo. No se recuperaron todas las pupas parasitadas las cuales, complementariamente a la acción de los hongos entomopatógenos probablemente también fueron afectadas por patógenos secundarios en el suelo y finalmente desintegradas.

Se observó también en la etapa de laboratorio e invernadero algunos adultos muertos y con desarrollo de micelios de los hongos entomopatógenos inoculados, indicador de que estas especies también son afectadas en su estado adulto.

Al obtenerse resultados muy aceptables de control con el uso de estos hongos entomopatógenos a nivel de suelo esta práctica complementaría muy bien una estrategia de manejo integrado ya que se controlaría a la plaga en su estado de pupa en el cual otros métodos de control no son muy efectivos, prácticos de realizar o de bajo costo. Los otros métodos de control están orientados principalmente a la eliminación de larvas con el recojo y eliminación de frutos infestados y a la eliminación de adultos mediante el control químico con los cebos tóxicos y trampas en sus diferentes tipos. Con la eventual implementación de esta práctica de control biológico dirigido específicamente al estado de pupa se estaría controlando a la plaga en tres de sus cuatro estados biológicos, lo cual es muy recomendable en un sistema de manejo integrado de plagas.

Los relativamente mayores porcentajes de mortalidad registrados en los testigos en la etapa de campo frente a los menores porcentajes de mortalidad en las etapas de laboratorio e invernadero son un indicador de un probable control biológico natural, pero con índices no significativos.

Para los análisis cuantitativos y al presentarse diferentes porcentajes de mortalidad natural en los testigos se hizo necesario transformar los datos a porcentajes de eficacia con el fin de eliminar el sesgo por este factor.

Los resultados cuantitativos en cuanto a porcentajes de mortalidad y eficacia y los análisis estadísticos se presentan independientemente para cada etapa y sub etapa del experimento y por cada una de las dos especies de moscas de la fruta, seguidamente se compara los resultados en las tres etapas evaluadas (laboratorio, invernadero y campo) para el mismo momento de infestación, y finalmente se relacionan los resultados de las cuatro sub-etapas del ensayo en invernadero (infestación a 1, 45, 90 y 135 días después de la única aplicación de los hongos) para determinar su efecto residual a través del tiempo. Complementariamente se analiza y comprueba la tendencia de los efectos de los entomopatógenos en dos momentos de infestación con larvas a nivel de campo (1 día y 45 días después de su aplicación).

Los datos detallados de todos los ensayos (laboratorio, invernadero y campo) se muestran en los Anexos del 01 al 07, el registro de temperatura durante el ensayo de invernadero en el Anexo 08.

4.1. EFECTO INDEPENDIENTE EN CADA ETAPA Y SUB ETAPA

4.1.1. Etapa de laboratorio

En las Figuras 11 a 24 se observan pupas y adultos de ambas especies de moscas de la fruta, infectados con las 4 especies de hongos entomopatógenos ensayados en la etapa de laboratorio.

En el Cuadro 2 y Figuras 25 y 26 se observan los resultados de la Etapa 1: Ensayo de laboratorio (bioensayo) para ambas especies de moscas de la fruta, donde los cuatro hongos entomopatógenos probados resultan *patogénicos* con altos porcentajes de mortalidad / eficacia para ambas especies procediéndose a realizar los análisis estadísticos respectivos para *A. fraterculus* (Anexo 9) y para *Ceratitis capitata* (Anexo 10).



Figura 11: Pupa de *A. fraterculus* infectada por *M. anisopliae* en ensayo de laboratorio



Figura 12: Pupa de *A. fraterculus* infectada por *L. lecanii* en ensayo de laboratorio



Figura 13: Pupa de *A. fraterculus* infectada por *B. bassiana* en ensayo de laboratorio



Figura 14: Pupa de *A. fraterculus* infectada por *P. fumosoroseus* en ensayo de laboratorio



Figura 15: Adulto de *A. fraterculus* infectado por *M. anisopliae* en ensayo de laboratorio



Figura 16: Adulto de *A. fraterculus* infectado por *M. anisopliae* en ensayo de laboratorio



Figura 17: Pupa de *C. capitata* infectada por *M. anisopliae* en ensayo de laboratorio



Figura 18: Pupas de *C. capitata* infectadas por *L. lecanii* en ensayo de laboratorio



Figura 19: Pupas de *C. capitata* infectadas por *B. bassiana* en ensayo de laboratorio



Figura 20: Pupas de *C. capitata* infectadas por *P. fumosoroseus* en ensayo de laboratorio



Figura 21: Adulto de *C. capitata* infectado por *M. anisopliae* en ensayo de laboratorio



Figura 22: Adulto de *C. capitata* infectado por *L. lecanii* en ensayo de laboratorio



Figura 23: Adulto de *C. capitata* infectado por *B. bassiana* en ensayo de laboratorio



Figura 24: Adulto de *C. capitata* infectado por *P. fumosoroseus* en ensayo de laboratorio

Cuadro 2: Mortalidad y eficacia por la aplicación de 04 hongos entomopatógenos contra moscas de la fruta *A. fraterculus* y *C. capitata*, etapa 1: Ensayo de Laboratorio

Trat.	Hongo entomopatógeno	Especies de moscas de la fruta					% de mortalidad promedio para ambas especies	% de eficacia promedio para ambas especies
		<i>A. fraterculus</i>		Trat.	<i>C. capitata</i>			
		% de mortal.	% de eficacia		% de mortal.	% de eficacia		
1	Testigo	8.33	--	6	15.00	--	11.67	--
2	<i>B. bassiana</i>	65.00	61.82	7	55.00	47.06	60.00	54.44
3	<i>M. anisopliae</i>	85.00	83.64	8	73.33	68.62	79.17	76.13
4	<i>P. fumosoroseus</i>	61.67	58.19	9	41.67	31.38	51.67	44.79
5	<i>L. lecanii</i>	88.33	87.27	10	76.66	72.55	82.50	79.91

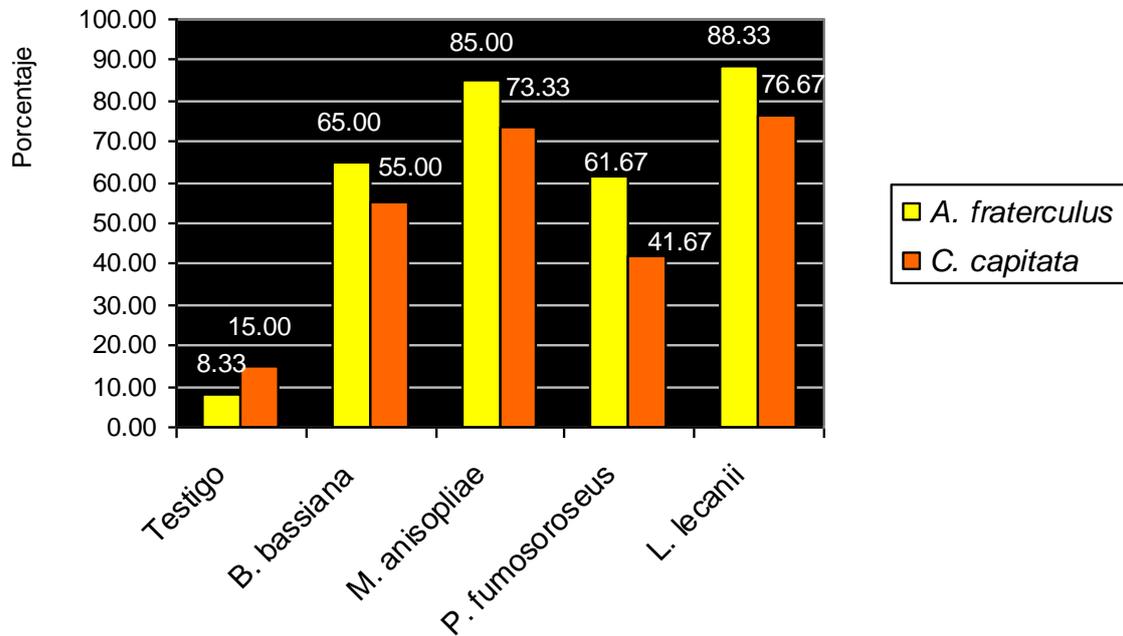


Figura 25: Porcentajes de mortalidad en la etapa 1: Ensayo de laboratorio para *A. fraterculus* y *C. capitata*

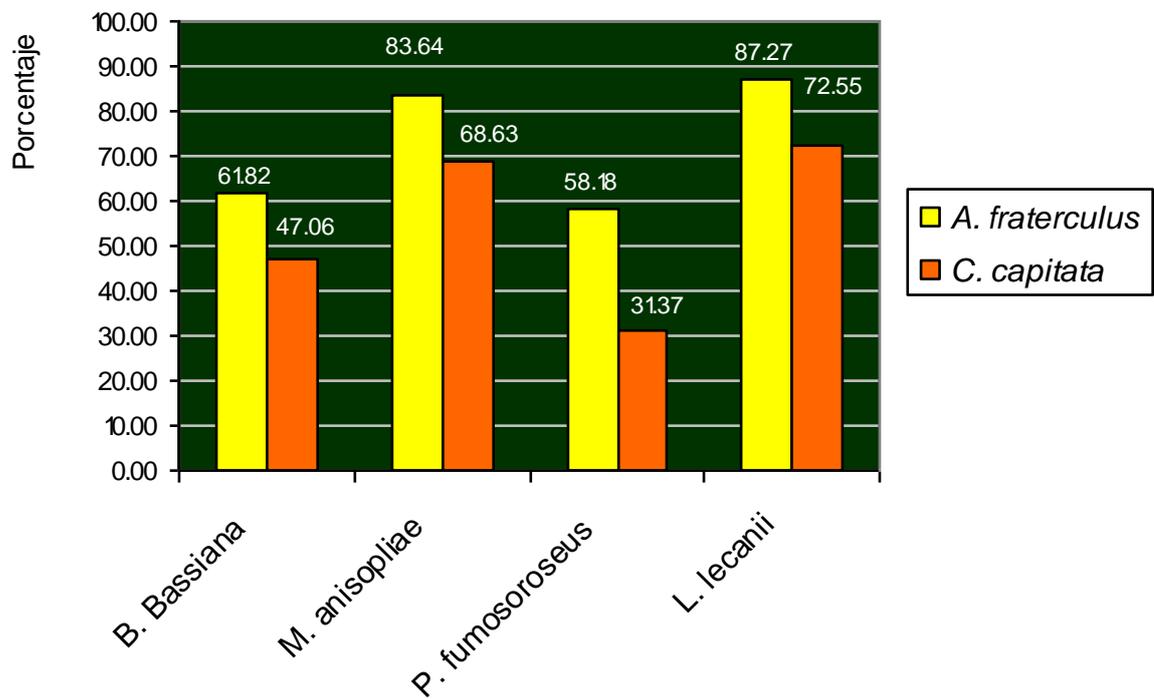


Figura 26: Porcentajes de eficacia en la etapa 1: Ensayo de laboratorio para *A. fraterculus* y *C. capitata*

Para ambas especies de moscas de la fruta en esta primera etapa hubo significación altamente estadística entre los tratamientos para la mortalidad y significación estadística para la eficacia, siendo superiores y estadísticamente similares *L. lecanii* y *M. anisopliae* con 88.33 por ciento de mortalidad (87.27 por ciento de eficacia) y 85.00 por ciento de mortalidad (83.64 por ciento de eficacia) respectivamente para *A. fraterculus*, con un comportamiento similar para *C. capitata*; *L. lecanii* ha causado una mortalidad de 76.66 por ciento (72.55 por ciento de eficacia) y 73.3 por ciento de mortalidad (68.62 por ciento de eficacia) para *M. anisopliae*. Le siguen *B. bassiana* y *P. fumosoroseus* que también son estadísticamente similares y superiores al testigo con porcentajes de mortalidad de 65 por ciento (61.82 por ciento de eficacia) y 61.67 por ciento (58.19 por ciento de eficacia) respectivamente para *A. fraterculus*, para *C. capitata* se obtuvo 55 por ciento de mortalidad (47.06 por ciento de eficacia) y 41.67 por ciento de mortalidad (31.38 por ciento de eficacia) respectivamente.

Los altos porcentajes de mortalidad obtenidos para los cuatro hongos entomopatógenos (por sobre el 40 %) se atribuyen también a las condiciones óptimas de temperatura, humedad y oscuridad que se proveyeron en laboratorio, a la alta concentración de esporas y al hecho de lograr un mayor contacto directo de estas esporas con todas las larvas por el método de inmersión en la solución, estos parámetros disminuyen en las etapas de invernadero y campo pero siguiendo la misma tendencia como se verá más adelante.

En las Figuras 27 a 34 se observan pupas y adultos infectados de ambas especies de moscas de la fruta con las 4 especies de hongos entomopatógenos ensayados en la etapa de invernadero y algunas que pudieron ser recuperadas en la etapa de campo.

4.1.2. Etapa de invernadero, subetapa 2a

En el Cuadro 3 y Figuras 35 y 36 se observan los resultados de la subetapa 2a: Ensayo de invernadero, infestación a 1 día después de la aplicación para ambas especies de moscas de la fruta donde los cuatro hongos entomopatógenos probados resultan *patogénicos* con porcentajes de mortalidad / eficacias variables para ambas especies procediéndose a realizar los análisis estadísticos para *A. fraterculus* (Anexo 11) y para *C. capitata* (Anexo 12).



Figura 27: Pupas de *A. fraterculus* infectadas por *M. anisopliae* en ensayos de invernadero y campo



Figura 28: Pupas de *A. fraterculus* infectadas por *L. lecanii* en ensayos de invernadero y campo



Figura 29: Pupas de *A. fraterculus* infectadas por *B. bassiana* en ensayos de invernadero y campo



Figura 30: Pupas de *A. fraterculus* infectadas por *P. fumosoroseus* en ensayos de invernadero y campo



Figura 31: Pupas de *C. capitata* infectadas por *M. anisopliae* en ensayos de Invernadero y campo



Figura 32: Pupas de *C. capitata* infectadas por *L. lecanii* en ensayos de invernadero y campo



Figura 33: Pupas de *C. capitata* infectadas por *B. bassiana* en ensayos de invernadero y campo



Figura 34: Pupa de *C. capitata* infectada por *P. fumosoroseus* en ensayos de invernadero y campo

Cuadro 3: Mortalidad y eficacia por la aplicación de 04 hongos entomopatógenos contra moscas de la fruta *A. fraterculus* y *C. capitata*, etapa 2a: Ensayo de invernadero, efecto inmediato, infestación un día después de la aplicación

Trat.	Hongo entomopatógeno	Especies de moscas de la fruta					% de mortalidad promedio para ambas especies	% de eficacia promedio para ambas especies
		<i>A. fraterculus</i>		Trat.	<i>C. capitata</i>			
		% de mortal.	% de eficacia		% de mortal.	% de eficacia		
1	Testigo	2.67	--	6	13.33	--	8.00	--
2	<i>B. bassiana</i>	25.33	23.28	7	67.33	62.31	46.33	42.80
3	<i>M. anisopliae</i>	42.67	41.10	8	77.33	73.84	60.00	57.47
4	<i>P. fumosoroseus</i>	23.33	21.23	9	46.67	38.47	35.00	29.85
5	<i>L. lecanii</i>	40.67	39.04	10	76.00	72.31	58.34	55.68

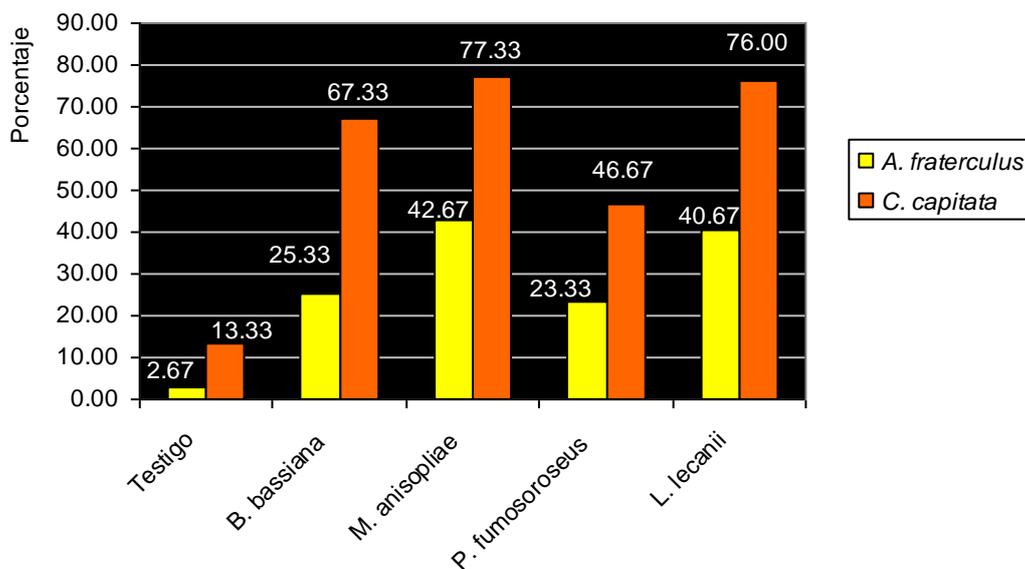


Figura 35: Porcentajes de mortalidad en la etapa 2a: Ensayo de invernadero, infestación un día después de la aplicación para *A. fraterculus* y *C. capitata*

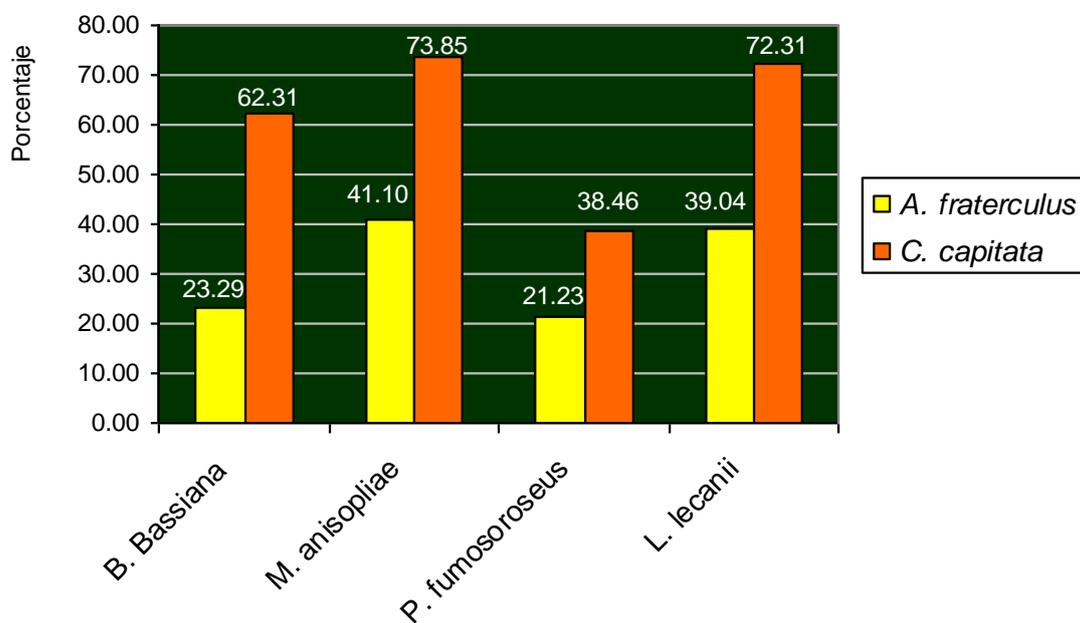


Figura 36: Porcentajes de eficacia en la etapa 2a: Ensayo de invernadero, infestación 1 día después de la aplicación para *A. fraterculus* y *C. capitata*

Para ambas especies de moscas de la fruta en esta primera sub-etapa en invernadero hubo diferencias altamente significativas entre los tratamientos tanto para la mortalidad como para la eficacia siendo superiores y estadísticamente similares entre sí *M. anisopliae* y *L. lecanii* con 42.67 por ciento de mortalidad (41.10 por ciento de eficacia) y 40.67 por ciento de mortalidad (39.04 por ciento de eficacia) respectivamente para *A. fraterculus*, con un comportamiento diferente para *C. capitata* en la cual *M. anisopliae*, *L. lecanii* y *B. bassiana* son superiores con una mortalidad de 77.33 por ciento (73.84 por ciento de eficacia), 76.00 por ciento de mortalidad (72.31 por ciento de eficacia) y 67.33 por ciento de mortalidad (62.31 por ciento de eficacia) respectivamente. Le sigue *P. fumosoroseus* también estadísticamente superior al testigo con un bajo porcentaje de mortalidad de 23.33 por ciento (21.23 por ciento de eficacia) respectivamente para *A. fraterculus*. En *C. capitata* se obtuvo 46.66 por ciento de mortalidad (38.46 por ciento de eficacia) con *P. fumosoroseus*.

4.1.3. Etapa de invernadero, subetapa 2b

En el Cuadro 4 y Figuras 37 y 38 se observan los resultados de la subetapa 2b: Ensayo de invernadero, infestación a 45 días después de la aplicación para ambas especies de moscas de la fruta donde los cuatro hongos entomopatógenos probados también continúan *patogénicos* con porcentajes de mortalidad / eficacias variables para ambas especies procediéndose a realizar los análisis estadísticos para *A. fraterculus* (Anexo 13) y para *Ceratitis capitata* (Anexo 14).

Cuadro 4: Mortalidad y eficacia por la aplicación de 04 hongos entomopatógenos contra moscas de la fruta *A. fraterculus* y *C. capitata*, etapa 2b: Ensayo de invernadero, efecto residual interm., 45 días después de la aplicación

Trat.	Hongo entomopatógeno	Especies de moscas de la fruta					% de mortalidad promedio para ambas especies	% de eficacia promedio para ambas especies
		<i>A. fraterculus</i>		Trat.	<i>C. capitata</i>			
		% de mortal.	% de eficacia		% de mortal.	% de eficacia		
1	Testigo	3.33	--	6	20.00	--	11.67	--
2	<i>B. bassiana</i>	9.33	6.21	7	66.67	58.33	38.00	32.27
3	<i>M. anisopliae</i>	64.00	62.76	8	70.00	62.50	67.00	62.63
4	<i>P. fumosoroseus</i>	5.33	2.07	9	44.00	30.00	24.67	16.04
5	<i>L. lecanii</i>	43.33	41.38	10	75.33	69.17	59.33	55.28

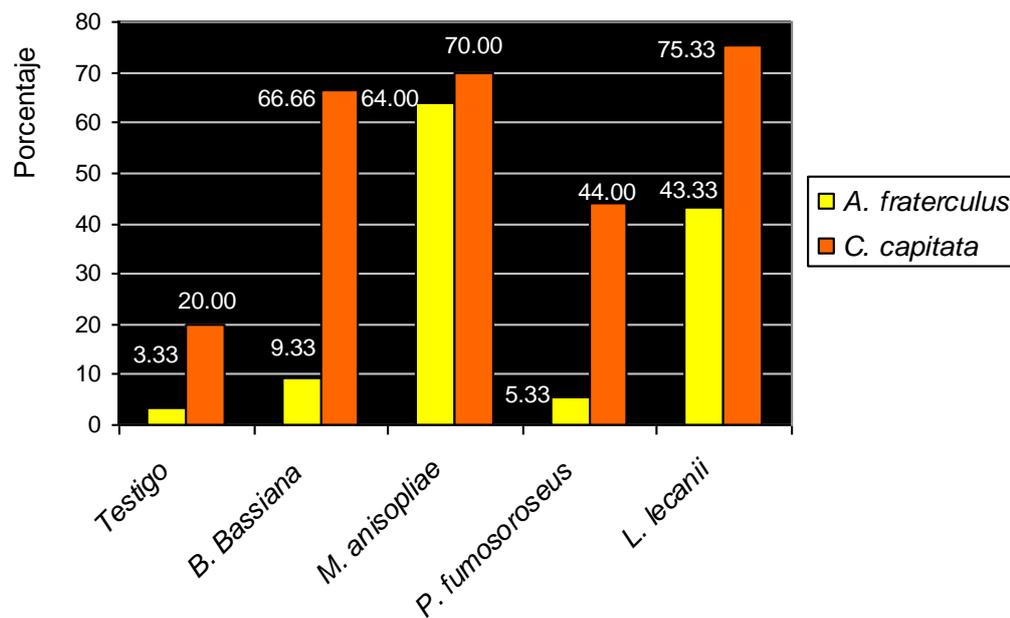


Figura 37: Porcentajes de mortalidad en la etapa 2b: Ensayo de invernadero, infestación 45 días después de la aplicación para *A. fraterculus* y *C. capitata*

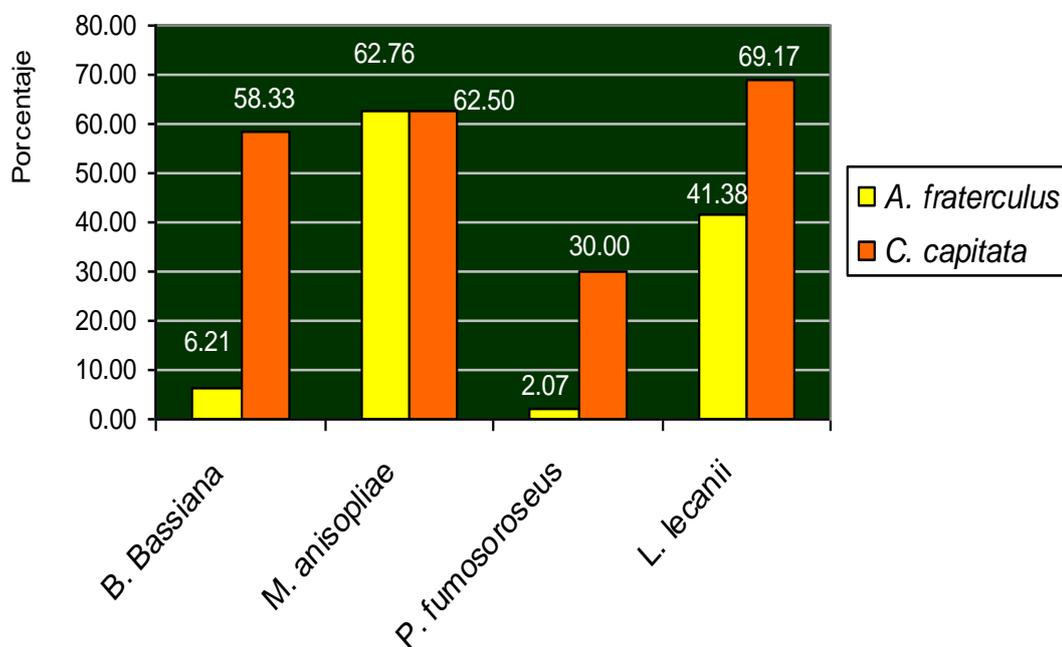


Figura 38: Porcentajes de eficacia en la subetapa 2b: Ensayo de invernadero, infestación 45 días después de la aplicación para *A. fraterculus* y *C. capitata*

Para ambas especies de moscas de la fruta en esta segunda sub-etapa en invernadero hubo diferencias altamente significativas entre los tratamientos tanto para mortalidad como para eficacia.

En cuanto a mortalidad en *A. fraterculus*; *M. anisopliae* fue superior y diferente estadísticamente al resto de tratamientos con 64.00 por ciento, seguidamente se tiene a *L. lecanii* con 43.33 por ciento, luego en tercer lugar y estadísticamente diferente *B. bassiana* con 9.33 por ciento, finalmente *P. fumosoroseus* con 5.33 por ciento este último estadísticamente similar a la mortalidad natural del testigo de 3.33 por ciento. En *C. capitata*; *L. lecanii*, *M. anisopliae* y *B. bassiana* fueron similares estadísticamente con 75.33, 70.00 y 66.67 por ciento de mortalidad respectivamente, en segundo lugar y diferente al testigo se tiene a *P. fumosoroseus* con 44.00 por ciento de mortalidad aún superior al testigo que representó un 20 por ciento de mortalidad natural.

Con respecto a la eficacia en *A. fraterculus*; *M. anisopliae* fue superior y diferente estadísticamente al resto de tratamientos con 62.76 por ciento, seguidamente se tiene a *L. lecanii* con 41.38 por ciento, luego *B. bassiana* y *P. fumosoroseus* que son estadísticamente iguales con 6.20 y 2.07 por ciento respectivamente. En *C. capitata*, los entomopatógenos *L. lecanii*, *M. anisopliae* y *B. bassiana* fueron similares estadísticamente con 69.16, 62.50 y 58.33 por ciento de eficacia respectivamente, finalmente se tiene a *P. fumosoroseus* con 30 por ciento de eficacia.

4.1.4. Etapa de invernadero, subetapa 2c

En el Cuadro 5 y Figuras 39 y 40 se observan los resultados de la etapa 2c: Ensayo de Invernadero, infestación a 90 días después de la aplicación para ambas especies de moscas de la fruta donde también los cuatro hongos entomopatógenos probados resultaron *patogénicos* con porcentajes de mortalidad / eficacias variables para ambas especies procediéndose a realizar los análisis estadísticos respectivos para *A. fraterculus* (Anexo 15) y para *C. capitata* (Anexo 16).

Cuadro 5: Mortalidad y eficacia por la aplicación de 04 hongos entomopatógenos contra moscas de la fruta *A. fraterculus* y *C. capitata*, subetapa 2c: Ensayo de Invernadero, efecto residual intermedio, 90 días después de la aplicación

Trat.	Hongo Entomopatógeno	Especies de moscas de la fruta					% de mortalidad promedio para ambas especies	% de eficacia promedio para ambas especies
		<i>A. fraterculus</i>		Trat.	<i>C. capitata</i>			
		% de mortal.	% de eficacia		% de mortal.	% de eficacia		
1	Testigo	7.33	--	6	12.67	--	10.00	--
2	<i>B. bassiana</i>	24.00	17.99	7	42.00	33.59	33.00	25.79
3	<i>M. anisopliae</i>	58.00	54.68	8	58.00	51.91	58.00	53.30
4	<i>P. fumosoroseus</i>	16.67	10.07	9	18.67	6.87	17.67	8.47
5	<i>L. lecanii</i>	28.67	23.02	10	47.33	39.69	38.00	31.36

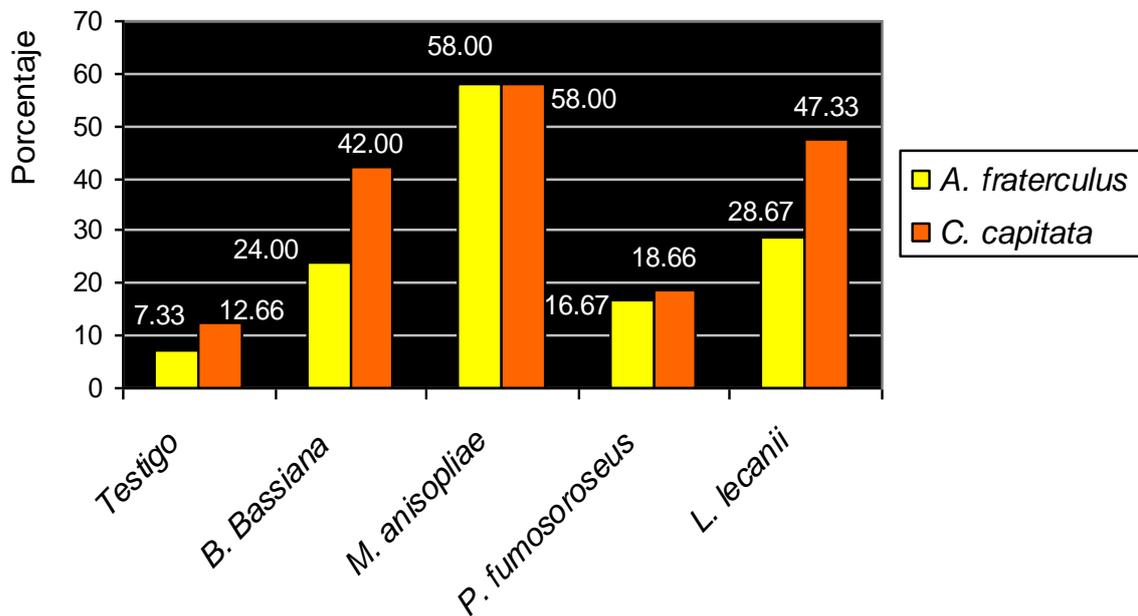


Figura 39: Porcentajes de mortalidad en la subetapa 2c: Ensayo de Invernadero, infestación 90 días después de la aplicación para *A. fraterculus* y *C. capitata*

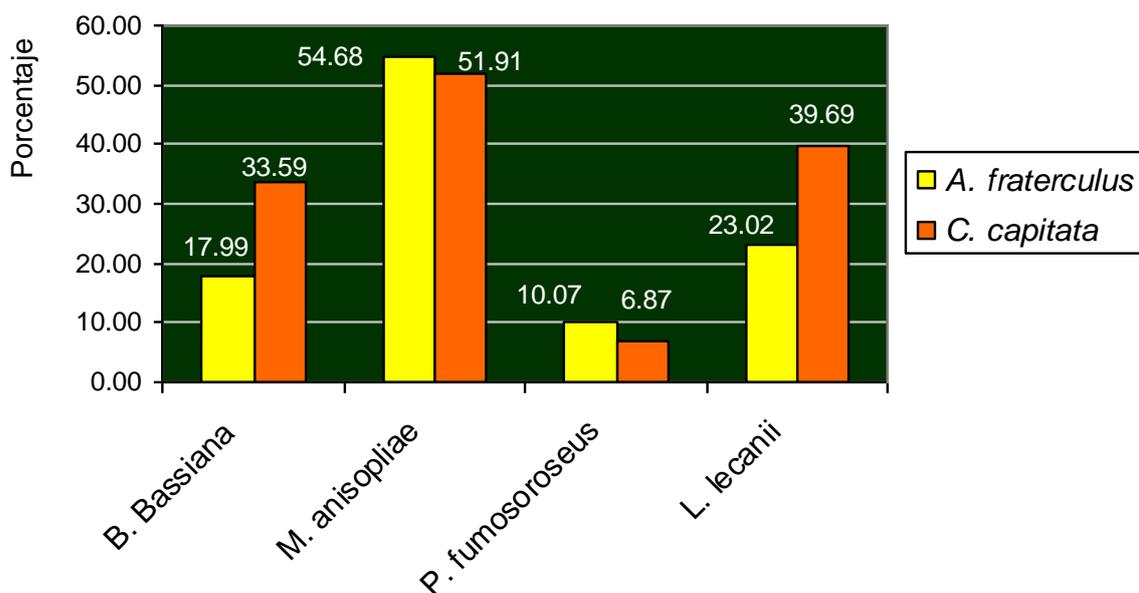


Figura 40: Porcentajes de eficacia en la subetapa 2c: Ensayo de invernadero, infestación 90 días después de la aplicación para *A. fraterculus* y *C. capitata*

Para ambas especies de moscas de la fruta en esta tercera subetapa en invernadero a los 90 días después de la aplicación aún hubo diferencias altamente significativas entre los tratamientos tanto para mortalidad como para eficacia.

En cuanto a mortalidad en *A. fraterculus*; *M. anisopliae* continúa siendo superior y diferente estadísticamente al resto de tratamientos con 58.00 por ciento, seguidamente y con mucha diferencia se tiene a *L. lecanii* con 28.66 por ciento, en tercer lugar y similares estadísticamente se tiene a *B. bassiana* con 24.00 por ciento y *P. fumosoroseus* con 16.66 por ciento. Para *C. capitata*; de igual manera *M. anisopliae* es superior y estadísticamente diferente al resto de tratamientos con 58.00 por ciento, seguidamente *L. lecanii* y *B. bassiana* fueron similares estadísticamente con 47.33 por ciento y 42.00 por ciento de mortalidad respectivamente, y en último lugar *P. fumosoroseus* similar estadísticamente con el testigo con 18.66 por ciento de mortalidad, el testigo presentó una mortalidad natural de 12.66 por ciento.

Con respecto a la eficacia en *A. fraterculus*; *M. anisopliae* fue superior y diferente estadísticamente al resto de tratamientos con 54.67 por ciento, seguidamente se tiene a *L. lecanii* con 23.02 por ciento, y en último lugar *B. bassiana* y *P. fumosoroseus* que son estadísticamente similares con 17.98 y 10.07 por ciento respectivamente. En *C. capitata*; al igual que para *A. fraterculus* *M. anisopliae* fue superior estadísticamente al resto de tratamientos con 51.91 por ciento de eficacia, seguidamente y similares estadísticamente *L. lecanii* y *B. bassiana* con 39.69 y 33.59 por ciento respectivamente, finalmente se tiene a *P. fumosoroseus* con sólo 6.87 por ciento de eficacia.

4.1.5. Etapa de Invernadero, subetapa 2d

En el Cuadro 6 y Figuras 41 y 42 se observan los resultados de la etapa 2d: Ensayo de Invernadero – Infestación a 135 días después de la aplicación para ambas especies de moscas de la fruta donde, a excepción de *M. anisopliae*, solamente se presentan porcentajes de mortalidad / eficacia bajos para ambas especies procediéndose a realizar los análisis estadísticos para *A. fraterculus* (Anexo 17) y para *Ceratitis capitata* (Anexo 18).

Cuadro 6: Mortalidad y eficacia por la aplicación de 04 hongos entomopatógenos contra moscas de la fruta *A. fraterculus* y *C. capitata*, subetapa 2d: Ensayo de invernadero, efecto residual final, 135 días después de la aplicación

Trat.	Hongo entomopatógeno	Especies de moscas de la fruta					% de mortalidad promedio para ambas especies	% de eficacia promedio para ambas especies
		<i>A. fraterculus</i>		Trat.	<i>C. capitata</i>			
		% de mortal.	% de eficacia		% de mortal.	% de eficacia		
1	Testigo	14.67	--	6	14.00	--	14.34	--
2	<i>B. bassiana</i>	19.33	5.47	7	30.00	18.60	24.67	12.04
3	<i>M. anisopliae</i>	48.00	39.06	8	32.00	20.93	40.00	30.00
4	<i>P. fumosoroseus</i>	17.33	3.13	9	20.67	7.75	19.00	5.44
5	<i>L. lecanii</i>	26.00	13.28	10	24.00	11.63	25.00	12.46

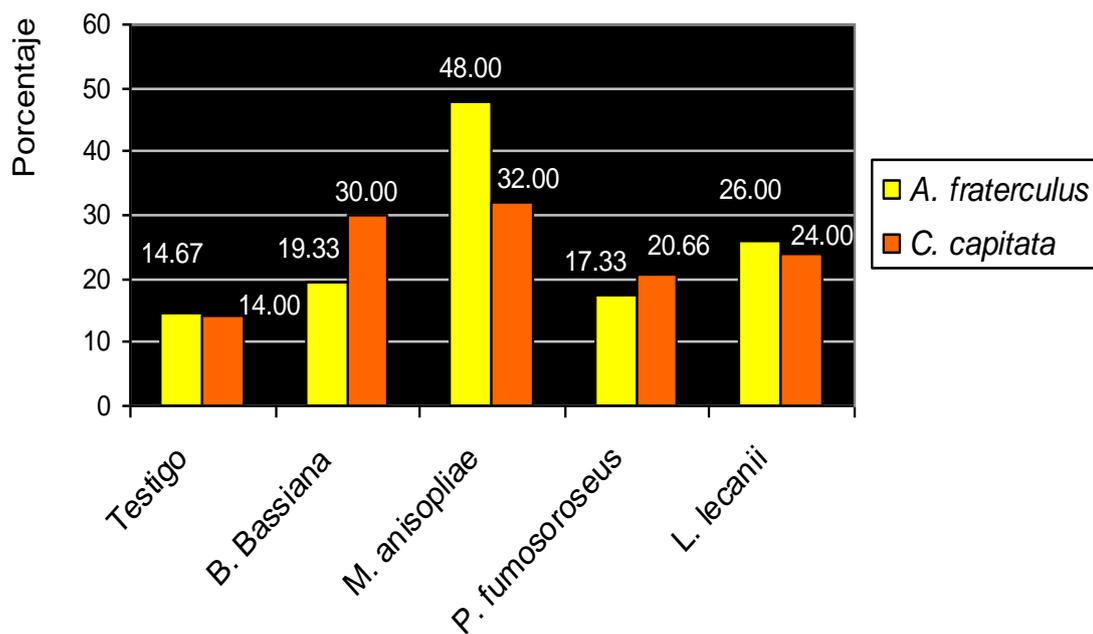


Figura 41: Porcentajes de mortalidad en la subetapa 2d: Ensayo de invernadero, infestación 135 días después de la aplicación para *A. fraterculus* y *C. capitata*

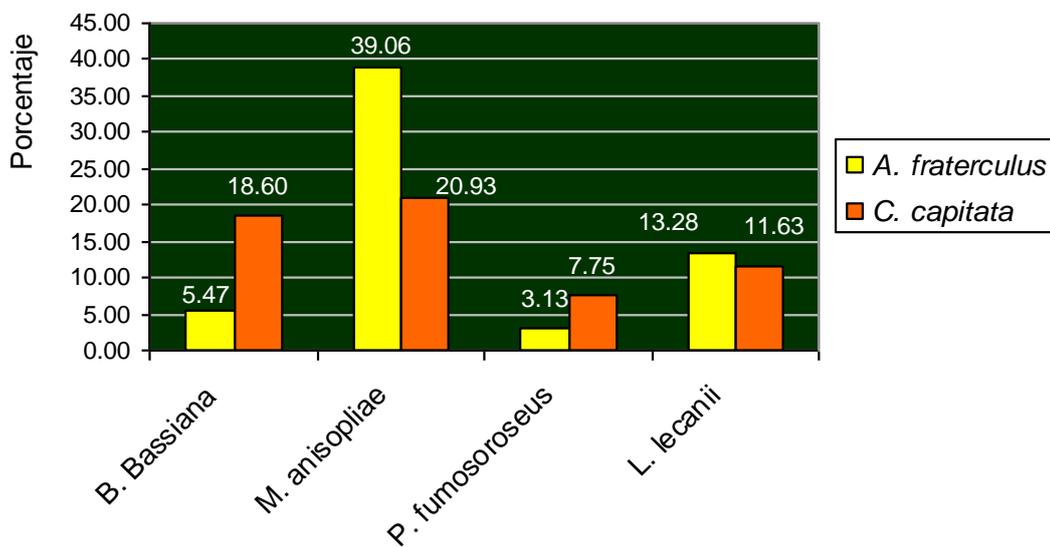


Figura 42: Porcentajes de eficacia en la subetapa 2d: Ensayo de invernadero, infestación 135 días después de la aplicación para *A. fraterculus* y *C. capitata*

En esta cuarta subetapa en invernadero a los 135 días después de la aplicación sólo hubo diferencias altamente significativas entre los tratamientos para la especie *A. fraterculus* tanto para mortalidad como para eficacia pero del análisis estadístico se determina que en cuanto a mortalidad en *A. fraterculus*; *M. anisopliae* fue el único tratamiento superior y diferente estadísticamente al resto de tratamientos con 48.00 por ciento, seguidamente y con mucha diferencia se tiene a *L. lecanii* con 26.00 por ciento, similar estadísticamente a *B. bassiana* (19.33 por ciento) y *P. fumosoroseus* (17.33 por ciento) estos dos últimos no tuvieron diferencia significativa con el testigo el cual presentó una mortalidad natural de 14.66 por ciento.

Con respecto a la eficacia en *A. fraterculus*; solamente *M. anisopliae* fue superior y diferente estadísticamente al resto de tratamientos con un porcentaje de 39.06 por ciento, seguidamente y sin diferencia estadística entre ellos se tiene a *L. lecanii*, *B. bassiana* y *P. fumosoroseus* con porcentajes mínimos de 13.28, 5.47 y 3.12 por ciento respectivamente.

Para *C. capitata* se determinó que no existe significación estadística demostrando que a los 135 días de infestación después de la aplicación ya no existen efectos patogénicos significativos de los cuatro hongos probados contra esta especie.

4.1.6. Etapa de campo, subetapa 3a

En el Cuadro 7 y Figuras 43 y 44 se observan los resultados de la subetapa 3^a: Ensayo de campo, infestación a 01 día después de la aplicación para ambas especies de moscas de la fruta donde los cuatro hongos entomopatógenos probados resultan *patogénicos* con porcentajes de mortalidad / eficacias variables para ambas especies procediéndose a realizar los análisis estadísticos para *A. fraterculus* (Anexo 19) y para *C. capitata* (Anexo 20).

Cuadro 7: Mortalidad y eficacia por la aplicación de 04 hongos entomopatógenos contra moscas de la fruta *A. fraterculus* y *C. capitata*, subetapa 3a: Ensayo de campo, efecto inmediato, 01 día después de la aplicación.

Trat.	Hongo entomopatógeno	Especies de moscas de la fruta					% de mortalidad promedio para ambas especies	% de eficacia promedio para ambas especies
		<i>A. fraterculus</i>		Trat.	<i>C. capitata</i>			
		% de mortal.	% de eficacia		% de mortal.	% de eficacia		
1	Testigo	32.00	--	6	23.50	--	27.75	--
2	<i>B. bassiana</i>	46.00	20.59	7	37.00	17.65	41.50	19.12
3	<i>M. anisopliae</i>	89.50	84.56	8	77.00	69.93	83.25	77.25
4	<i>P. fumosoroseus</i>	55.00	33.82	9	44.00	26.80	49.50	30.31
5	<i>L. lecanii</i>	75.50	63.97	10	61.00	49.02	68.25	56.50

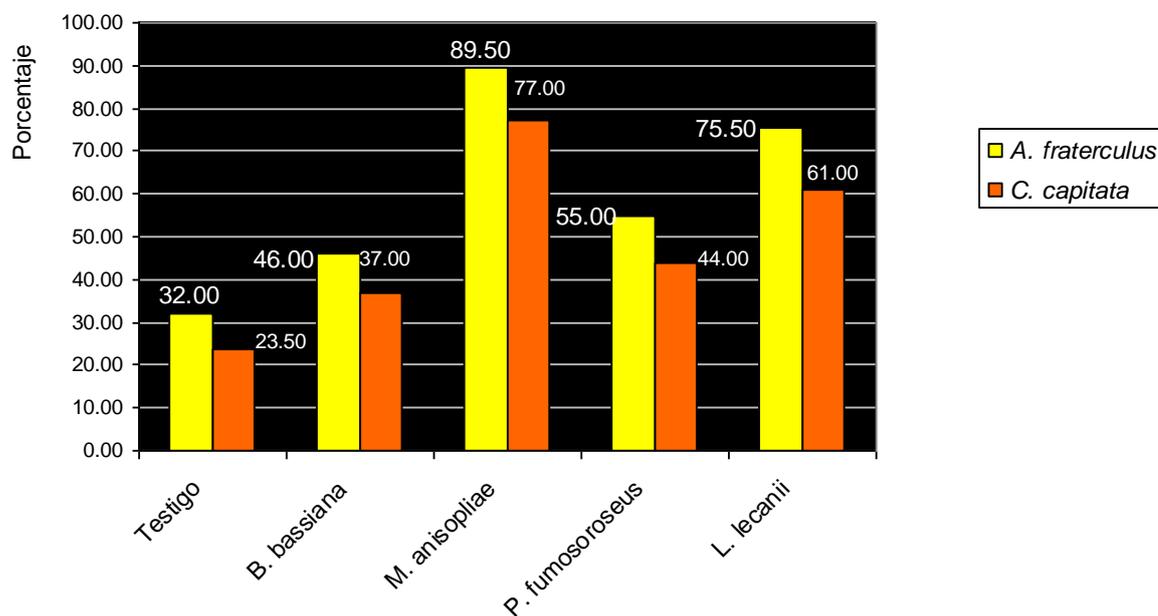


Figura 43: Porcentajes de mortalidad en la subetapa 3a: Ensayo de campo, infestación 1 día después de la aplicación para *A. fraterculus* y *C. capitata*.

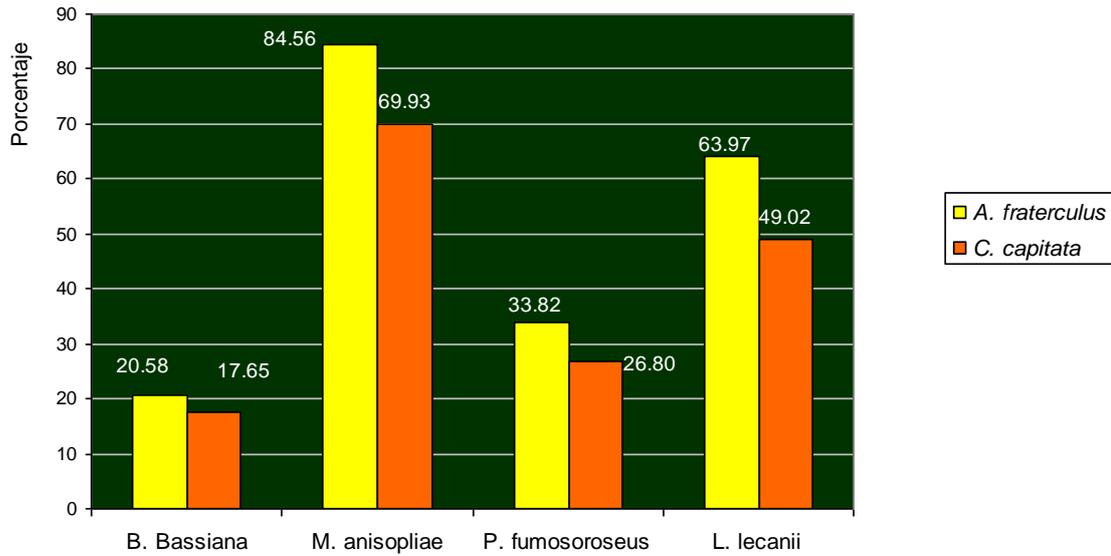


Figura 44: Porcentajes de eficacia en la subetapa 3a: Ensayo de campo, infestación 1 día después de la aplicación para *A. fraterculus* y *C. capitata*

En esta subetapa ya en campo también hubo diferencias altamente significativas entre los tratamientos para mortalidad en ambas especies de moscas de la fruta, también alta significación estadística para eficacia en *A. fraterculus* y significación estadística para la eficacia en *C. capitata*.

En cuanto a mortalidad en *A. fraterculus*; *M. anisopliae* también fue superior y diferente estadísticamente al resto de tratamientos con 89.50 por ciento, seguidamente y siguiendo el comportamiento de las variables en los ensayos de invernadero se tiene a *L. lecanii* con 75.50 por ciento de mortalidad, luego en tercer lugar y estadísticamente diferente al resto *P. fumosoroseus* con 55.00 por ciento y finalmente *B. bassiana* con 46.00 por ciento, este último estadísticamente diferente al testigo que presentó una mortalidad natural de 32.00 por ciento.

Para *C. capitata*; *M. anisopliae* también fue superior al resto de tratamientos con 77.00 por ciento de mortalidad, en segundo lugar y diferente al resto de tratamientos se tiene a *L. lecanii* con 61 por ciento, seguidamente y similares estadísticamente entre sí tenemos a *P. fumosoroseus* y *B. bassiana* con 44 y 37 por ciento respectivamente, aún superiores al testigo que representó un 23.50 por ciento de mortalidad natural.

Con respecto a la eficacia en *A. fraterculus*; *M. anisopliae* fue superior y diferente estadísticamente al resto de tratamientos con 84.56 por ciento, en segundo lugar *L. lecanii* con 63.97 por ciento, luego *P. fumosoroseus* con 33.82 por ciento y finalmente *B. bassiana* con 20.58 por ciento.

Igualmente, en *C. capitata*; *M. anisopliae* obtuvo la mayor eficacia con 69.93 por ciento, luego *L. lecanii* con 49.02 por ciento, seguidos por *P. fumosoroseus* y *B. bassiana*, similares estadísticamente con 26.79 y 17.64 por ciento de eficacia respectivamente.

4.1.7. Etapa de campo, subetapa 3b

Finalmente, en el Cuadro 8 y Figuras 45 y 46 se observan los resultados de la última subetapa 3b: Ensayo de campo, infestación a 27 días después de la aplicación para ambas especies de moscas de la fruta donde los cuatro hongos entomopatógenos probados resultan *patogénicos* con porcentajes de mortalidad / eficacias variables para ambas especies procediéndose a realizar los análisis estadísticos para *A. fraterculus* (Anexo 21) y para *Ceratitidis capitata* (Anexo 22).

Cuadro 8: Mortalidad y eficacia por la aplicación de 04 hongos entomopatógenos contra moscas de la fruta *A. fraterculus* y *C. capitata*, subetapa 3b: Ensayo de campo, 27 días después de la aplicación

Trat.	Hongo entomopatógeno	Especies de moscas de la fruta					% de mortalidad promedio para ambas especies	% de eficacia promedio para ambas especies
		<i>A. fraterculus</i>		Trat.	<i>C. capitata</i>			
		% de mortal.	% de eficacia		% de mortal.	% de eficacia		
1	Testigo	28.50	--	6	26.00	--	27.25	--
2	<i>B. bassiana</i>	34.00	7.69	7	46.00	27.03	40.00	17.36
3	<i>M. anisopliae</i>	66.00	52.45	8	68.00	56.76	67.00	54.61
4	<i>P. fumosoroseus</i>	38.00	13.29	9	39.50	18.24	38.75	15.77
5	<i>L. lecanii</i>	61.50	46.15	10	58.00	43.24	59.75	44.70

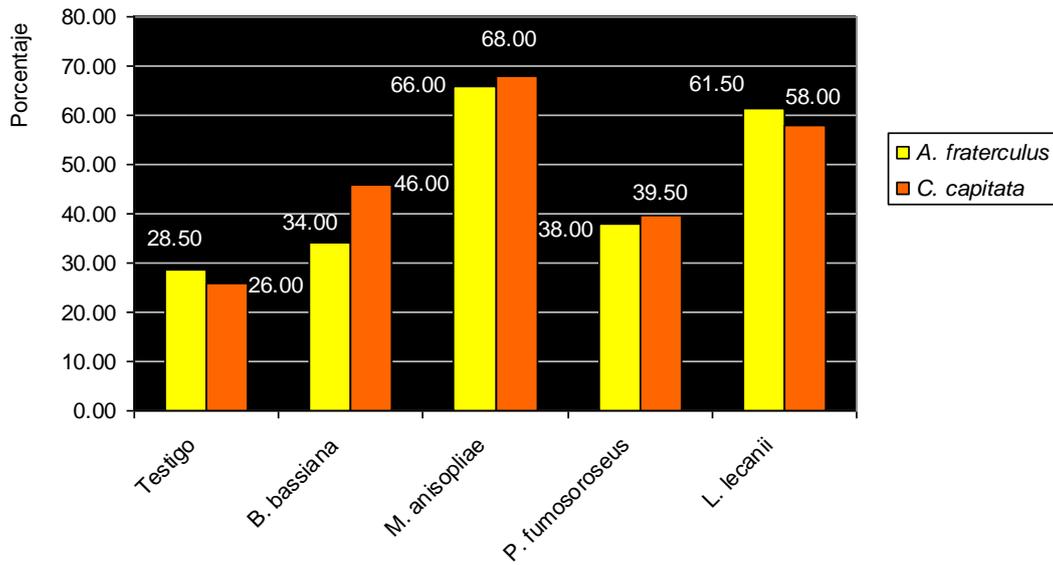


Figura 45: Porcentajes de mortalidad en la subetapa 3b: Ensayo de campo, infestación 27 días después de la aplicación para *A. fraterculus* y *C. capitata*

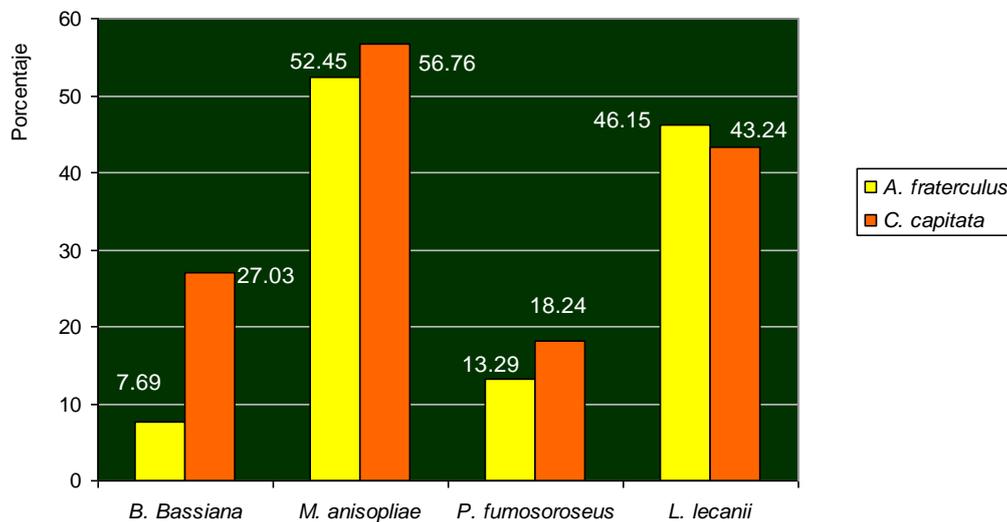


Figura 46: Porcentajes de eficacia en la subetapa 3b: Ensayo de campo, infestación 27 días después de la aplicación para *A. fraterculus* y *C. capitata*

Para ambas especies de moscas de la fruta en esta segunda y última subetapa en campo hubo diferencias altamente significativas entre los tratamientos tanto para mortalidad como para eficacia.

En cuanto a mortalidad, en *A. fraterculus*; *M. anisopliae* y *L. lecanii* fueron superiores y diferentes estadísticamente al resto de tratamientos obteniendo 66.00 y 61.50 por ciento respectivamente, seguidamente *P. fumosoroseus* y *B. bassiana* presentaron mortalidades similares al testigo con 38.00 y 34.00 por ciento respectivamente.

Para *C. capitata*; *M. anisopliae* y *L. lecanii* continuaron siendo superiores al resto de tratamientos con 68.00 y 58.00 por ciento respectivamente, en segundo lugar y similares estadísticamente *B. bassiana* y *P. fumosoroseus* con 46.00 y 39.50 por ciento respectivamente, aún superiores al testigo que representó 26.00 por ciento de mortalidad natural.

Con respecto a la eficacia en *A. fraterculus*; *M. anisopliae* y *L. lecanii* fueron superiores y diferentes estadísticamente al resto de tratamientos obteniendo 52.45 y 46.15 por ciento respectivamente, en segundo lugar y similares estadísticamente *P. fumosoroseus* y *B. bassiana*, con 13.28 y 7.69 por ciento de eficacia respectivamente.

Igualmente, en *C. capitata*; *M. anisopliae* obtuvo la mayor eficacia con 56.75 por ciento, luego *L. lecanii* con 43.24 por ciento, seguido por *B. bassiana*, con 27.02 por ciento y finalmente *P. fumosoroseus* con 18.24 por ciento de eficacia.

4.2. COMPARACIÓN DE RESULTADOS PARA LAS TRES ETAPAS EN IGUAL MOMENTO DE INFESTACIÓN

En las Figuras 47 y 48 se compara gráficamente los porcentajes de mortalidad y eficacia obtenidos para *A. fraterculus* por los cuatro hongos entomopatógenos probados en igual momento de infestación (1 día después de la aplicación) en los tres escenarios o ambientes observándose en primer lugar que los cuatro hongos son patogénicos contra esta especie de mosca de la fruta, de igual manera se observa los grados de patogenicidad de cada entomopatógeno comparados con el testigo; en los tres escenarios se observa claramente

que *M. anisopliae* conjuntamente con *L. lecanii* son los mejores tratamientos con un rango de mortalidad de 75 a 90 por ciento (64 a 85 % de eficacia) en laboratorio y campo pero con un rango mucho menor en invernadero con 40 a 43 por ciento. Del gráfico también se observa el menor grado de patogenicidad de *B. bassiana* y *P. fumosoroseus* con un rango de mortalidad de 46 a 65 por ciento (20 a 62 por ciento de eficacia) en laboratorio y campo disminuyendo también la mortalidad en invernadero a un rango de 23 a 25 por ciento lo que demuestra que los bajos porcentajes generales obtenidos en este último escenario se deben a factores propios del invernadero y no del material biológico empleado.

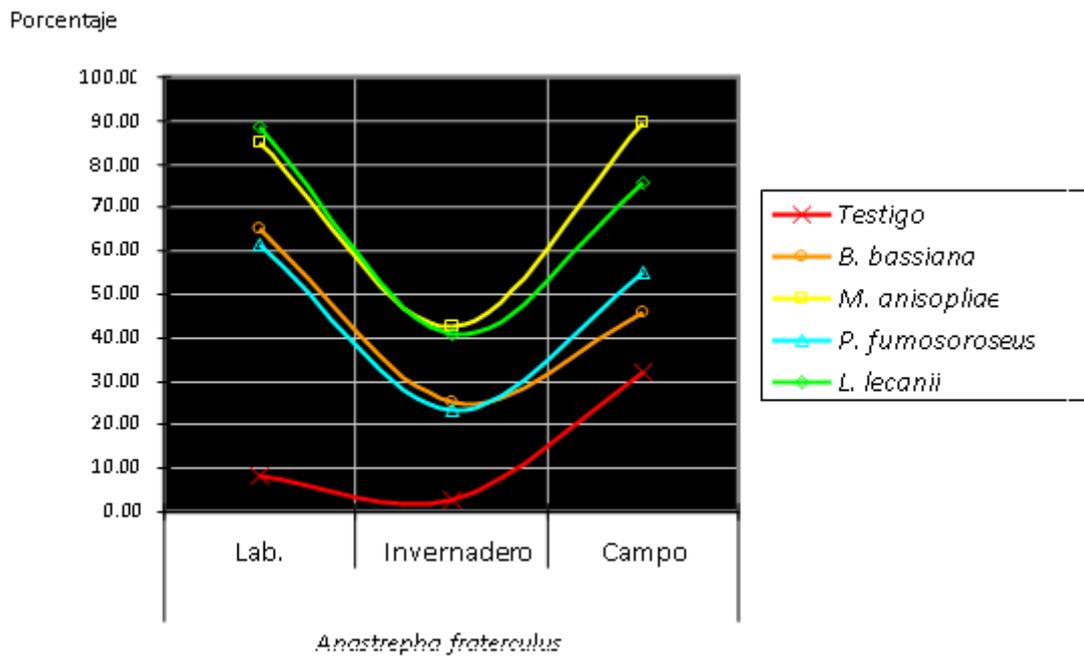


Figura 47: Porcentajes de mortalidad para *A. fraterculus* en las tres etapas: laboratorio, invernadero y campo a 1 día después de la aplicación

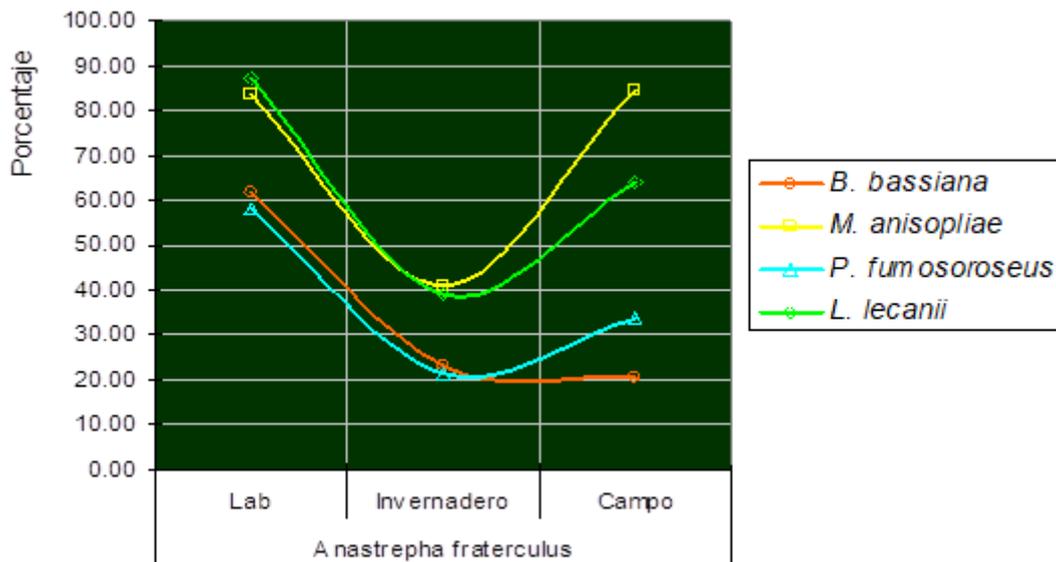


Figura 48: Porcentajes de eficacia para *A. fraterculus* en los tres niveles: laboratorio, invernadero y campo, a 1 día después de la aplicación

En las Figuras 49 y 50 se compara gráficamente para los tres escenarios los porcentajes de mortalidad y eficacia para *C. capitata* en igual momento de infestación (un día después de la aplicación) observándose que en primer lugar los cuatro hongos probados también son patogénicos contra esta especie de mosca de la fruta, de igual manera se observa los grados de patogenicidad de cada entomopatógeno comparados con el testigo donde asimismo *M. anisopliae* conjuntamente con *L. lecanii* son los mejores tratamientos con un rango de mortalidad de 61 a 77 por ciento (49 a 74 por ciento de eficacia). Del gráfico también se observa el menor grado de patogenicidad de *B. bassiana* y *P. fumosoroseus* con un rango de mortalidad de 37 a 67 por ciento (17 a 62 por ciento de eficacia).

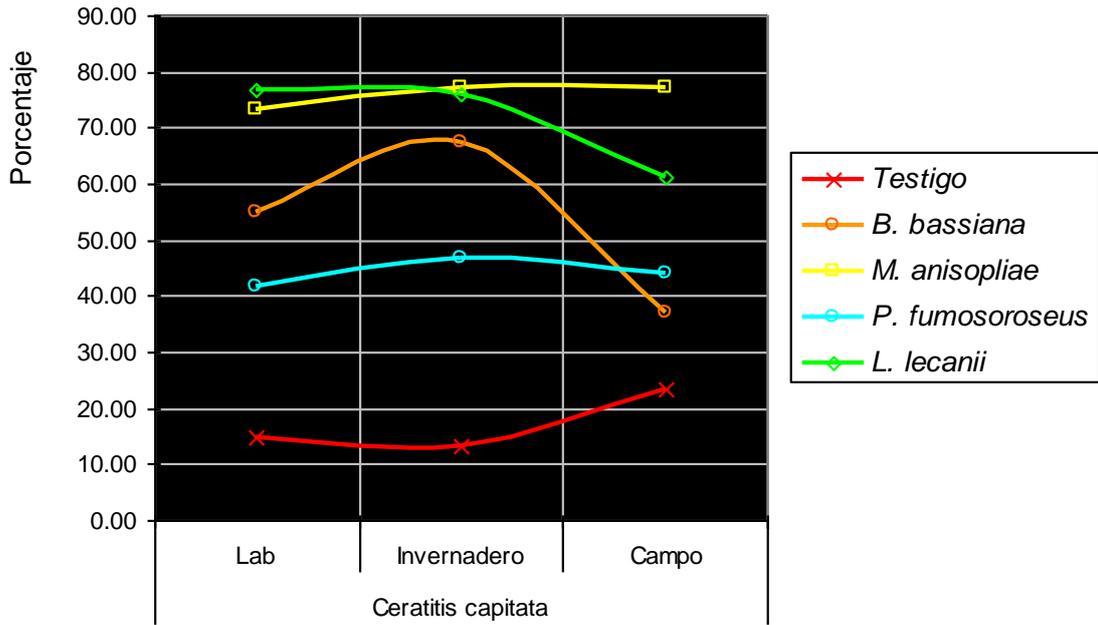


Figura 49: Porcentajes de mortalidad en los tres niveles; laboratorio, invernadero y campo, a 1 día después de la aplicación, para *C. capitata*

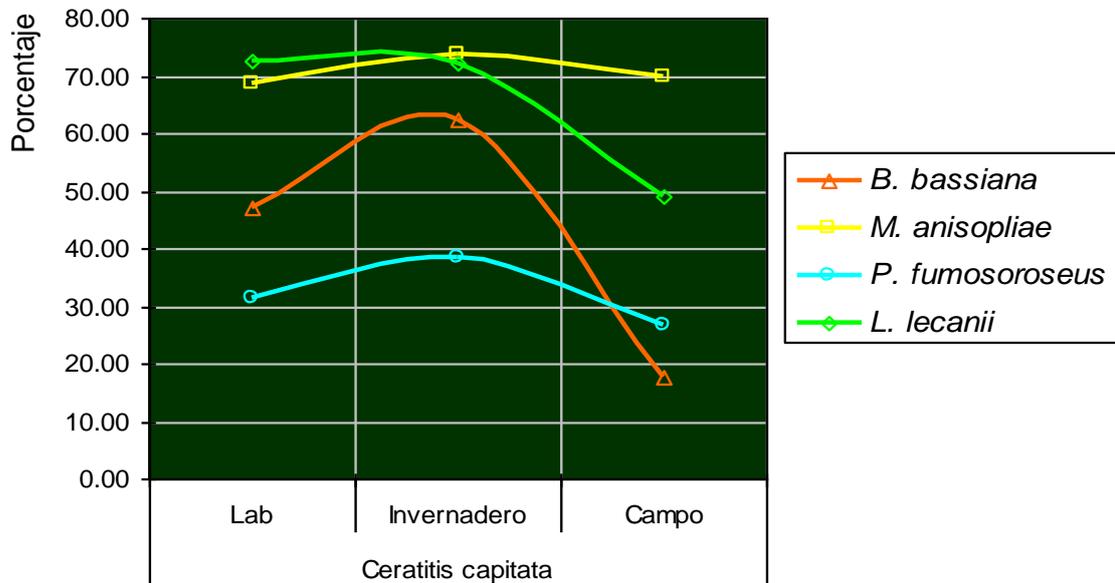


Figura 50: Porcentajes de eficacia en los tres niveles; laboratorio, invernadero y campo, a 1 día después de la aplicación para *C. capitata*

4.3. COMPARACIÓN DE RESULTADOS DEL EFECTO RESIDUAL EN INVERNADERO A 1, 45, 90 Y 135 DÍAS DESPUÉS DE LA APLICACIÓN DE LOS HONGOS ENTOMOPATÓGENOS

En las Figuras 51 y 52 se compara gráficamente los porcentajes de mortalidad y eficacia a lo largo de 135 días (4.5 meses) obtenidos para *A. fraterculus* por los cuatro hongos entomopatógenos con una sola aplicación inicial observándose un comportamiento similar para *M. anisopliae* con *L. lecanii* los cuales incrementan la mortalidad en los primeros 45 días para luego reducirlas gradualmente a los 90 días y a los 135 días después de la aplicación demostrando que *M. anisopliae* tiene un mayor efecto patogénico y residual que el resto de tratamientos al mantener su mortalidad y eficacia por encima de 50 por ciento hasta los 90 días reduciéndose a menos de 50 por ciento a partir de los 90 días. *L. lecanii* en este ensayo demostró mortalidades y eficacias menores a 50 por ciento desde la primera infestación también reduciendo su efecto gradualmente a lo largo del tiempo.

B. bassiana y *P. fumosoroseus* obtuvieron bajos porcentajes de mortalidad / eficacia a lo largo de todo el ensayo no manifestando un significativo efecto residual.

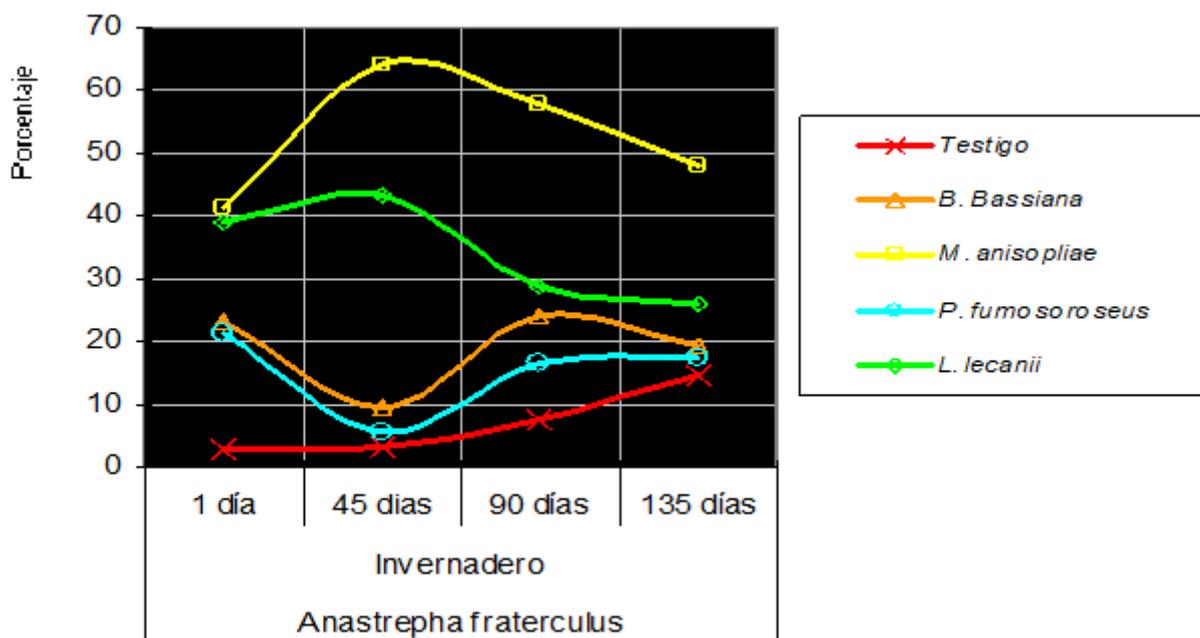


Figura 51: Porcentajes de mortalidad en las cuatro subetapas del ensayo a nivel de invernadero para *A. fraterculus*, efecto residual

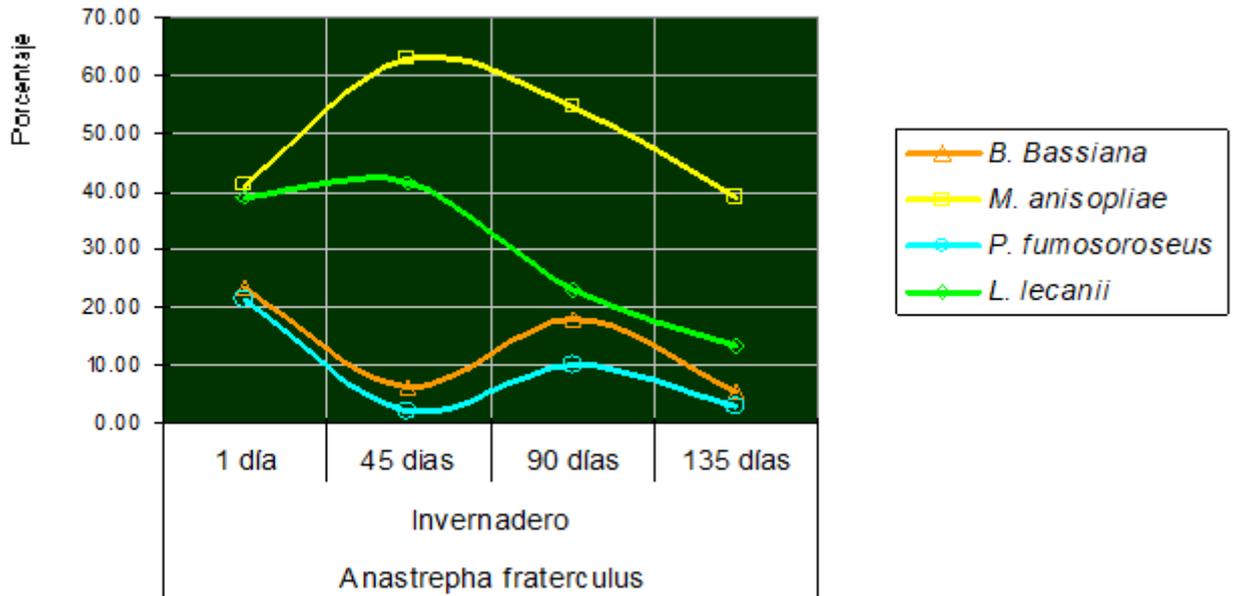


Figura 52: Porcentajes de eficacia en las cuatro subetapas del ensayo a nivel de invernadero para *A. fraterculus*, efecto residual

En las Figuras 53 y 54 se compara gráficamente los porcentajes de mortalidad y eficacia a lo largo de 135 días (4.5 meses) obtenidos para *C. capitata* por los cuatro hongos entomopatógenos con una sola aplicación inicial observándose que *M. anisopliae* presenta un comportamiento mucho más regular en su efecto residual desde la primera infestación manteniendo su efecto, aunque reduciéndose gradualmente hasta menos de 50 % a partir de los 90 días.

L. lecanii presentó un comportamiento similar incrementando ligeramente su mortalidad / eficiencia en la infestación a los 45 días después de lo cual se redujo rápida y gradualmente a menos del 50 por ciento también a los 90 días. *B. bassiana* mostró un comportamiento similar a *L. lecanii* pero en menor escala y finalmente *P. fumosoroseus* desde la primera infestación no sobrepasó el 45 por ciento de mortalidad reduciéndose a los 90 y 135 días hasta porcentajes similares al testigo.

Los porcentajes de mortalidad / eficacia en general más bajos en esta etapa comparados con los ensayos de laboratorio y campo pueden tener como causa, que esta etapa se llevó a cabo desde los primeros días del mes de agosto hasta mediados de diciembre en las

estaciones de invierno y primavera cuando las temperaturas ambientales son más bajas, en cambio el ensayo de laboratorio se llevó a cabo a temperatura controlada (27 °C) y el ensayo de campo se llevó a cabo desde mediados de diciembre y todo el mes de enero en plena estación de verano cuando las temperaturas ambientales son altas.

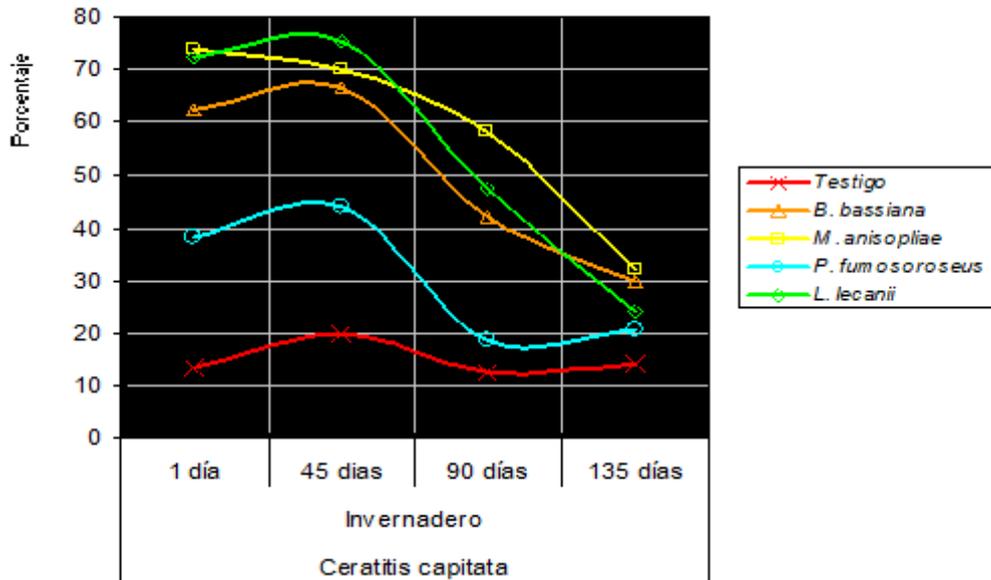


Figura 53: Porcentajes de mortalidad en las cuatro subetapas del ensayo a nivel de invernadero para *C. capitata*, efecto residual

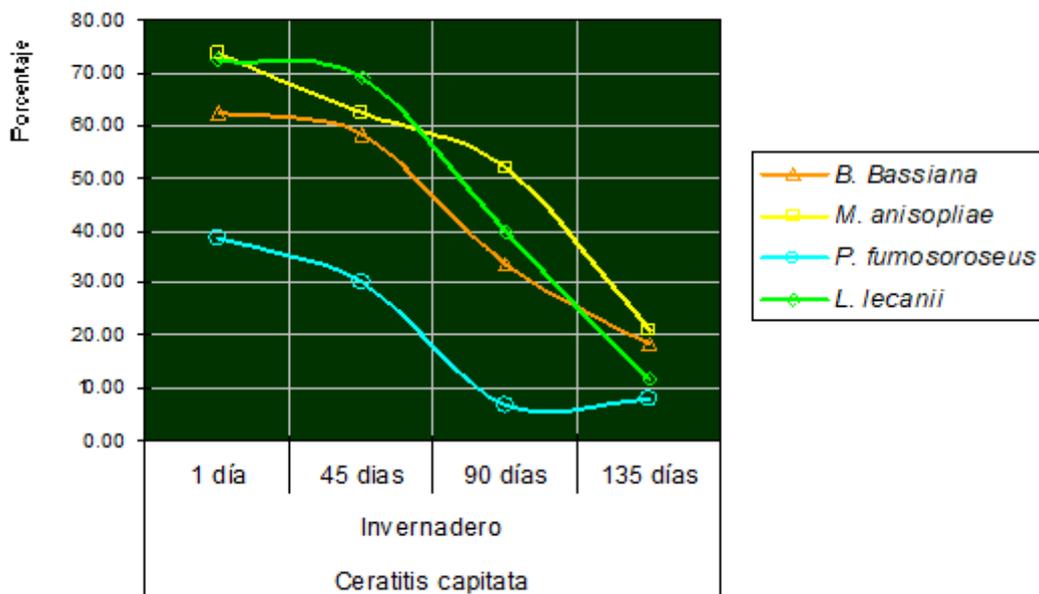


Figura 54: Porcentajes de eficacia en las cuatro subetapas del ensayo a nivel de invernadero para *C. capitata*, efecto residual.

4.4. COMPARACIÓN DE RESULTADOS DEL EFECTO RESIDUAL A 1 y 27 DÍAS EN CAMPO DESPUÉS DE LA APLICACIÓN DE LOS HONGOS ENTOMOPATÓGENOS

En las Figuras 55, 56, 57 y 58 se observa gráficamente y se corrobora a nivel de campo los resultados y la tendencia en el efecto residual de todos los ensayos anteriores en los cuales *M. anisopliae* es el mejor tratamiento con los mayores porcentajes de mortalidad y eficacia para ambas especies de moscas de la fruta presentando también el mayor o mejor efecto residual, seguido de *L. lecanii*, en este caso en la segunda infestación a los 27 días después de la aplicación de los entomopatógenos al suelo la mortalidad / eficacia disminuye ligera y proporcionalmente para cada uno de los tratamientos a excepción de *B. bassiana* en *C. capitata* que aumentó ligeramente en la segunda infestación.

Otro aspecto a resaltar es el diferente comportamiento de respuesta a los tratamientos por parte de *C. capitata* frente a *A. fraterculus*, para lo cual debe considerarse que, con respecto al material biológico en este caso las larvas usadas para los ensayos, la crianza de *C. capitata* ha partido de una cepa inicial denominada TSL Viena 8, importada ya hace algunos años y la cual no ha sido renovada por lo cual las constantes y repetidas crianzas en laboratorio de esta especie pueden haber originado cierta debilidad genética en la misma, razón por la cual se observan mayores porcentajes de mortalidad natural en los testigos frente a la especie *A. fraterculus* y por ende una susceptibilidad mayor a los tratamientos, en cambio la cepa de *A. fraterculus* es nativa.

Finalmente, un aspecto a resaltar es que durante el desarrollo de la etapa de campo una parte de un bloque fue inundado por descuido en el riego originando el anegamiento debajo del árbol pero, al esperar que el suelo se seque después de aproximadamente 10 días, empezaron a emerger los adultos principalmente en los testigos, deduciendo que existe un cierto fenómeno de quiescencia en estas especies originadas por condiciones desfavorables del medio ambiente, en este caso específico por exceso de humedad en el suelo.

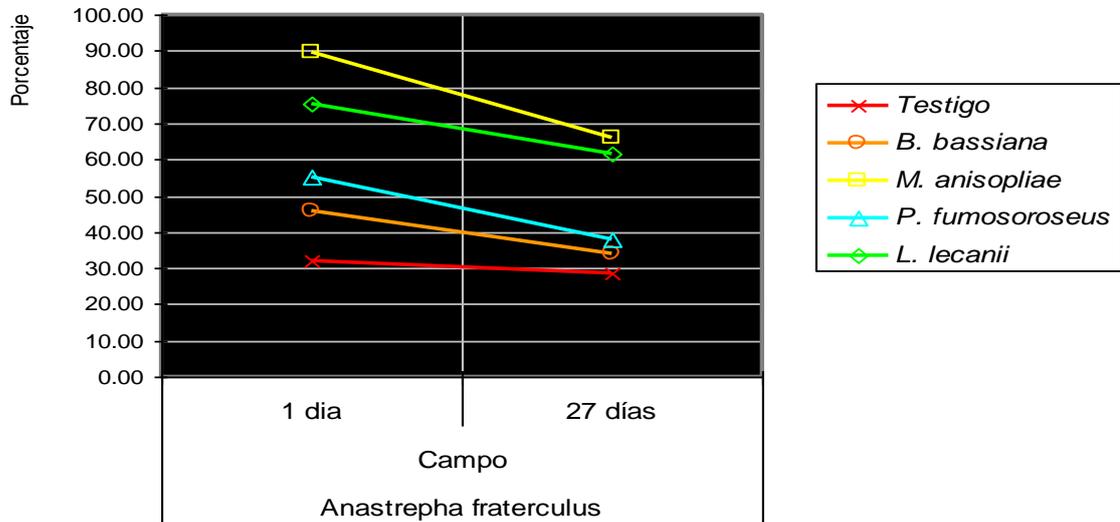


Figura 55: Porcentajes de mortalidad en las dos subetapas del ensayo a nivel de campo para *A. fraterculus*.

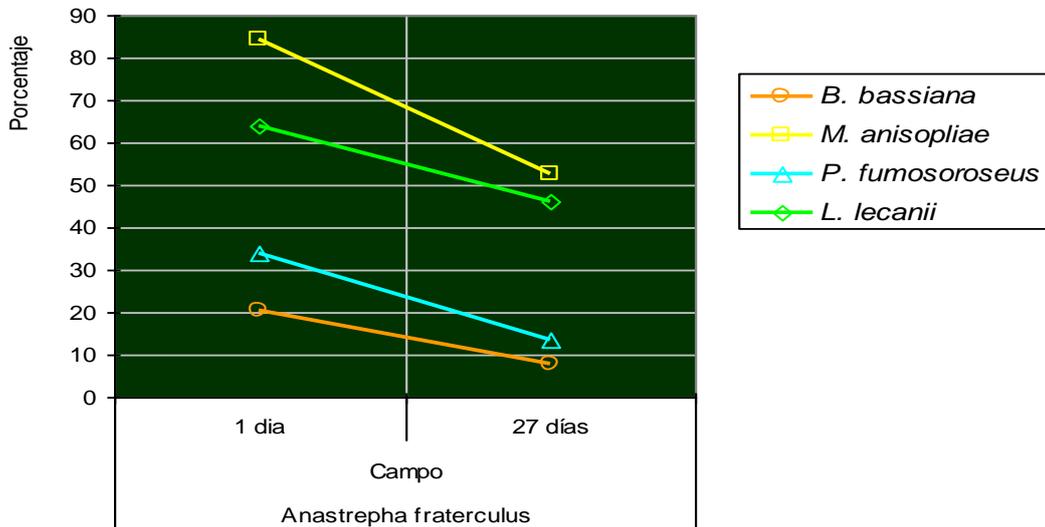


Figura 56: Porcentajes de eficacia en las dos subetapas del ensayo a nivel de campo para *A. fraterculus*.

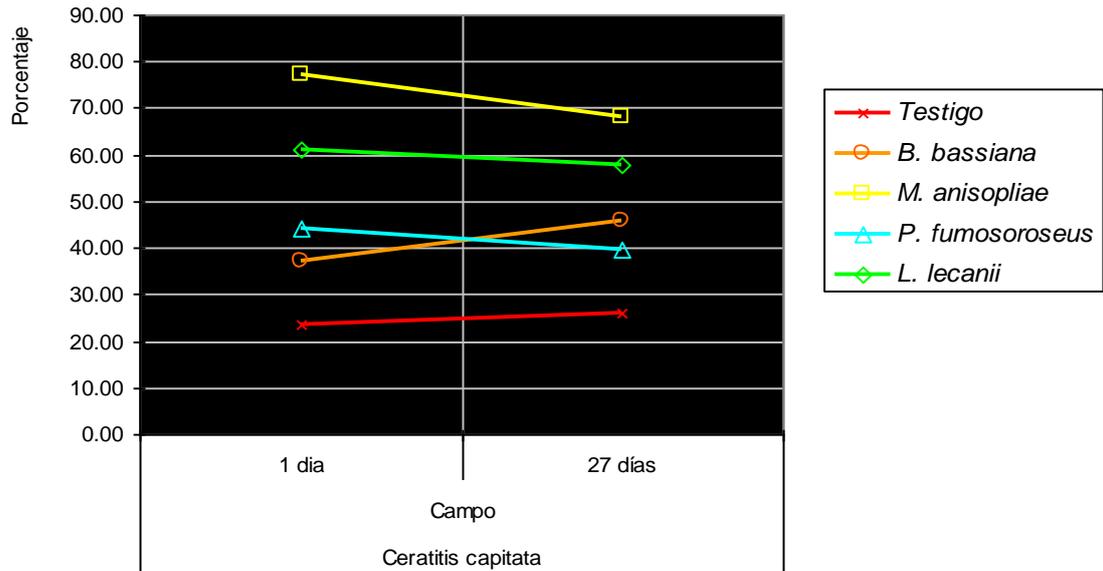


Figura 57: Porcentajes de mortalidad en las dos subetapas del ensayo a nivel de campo para *C. capitata*.

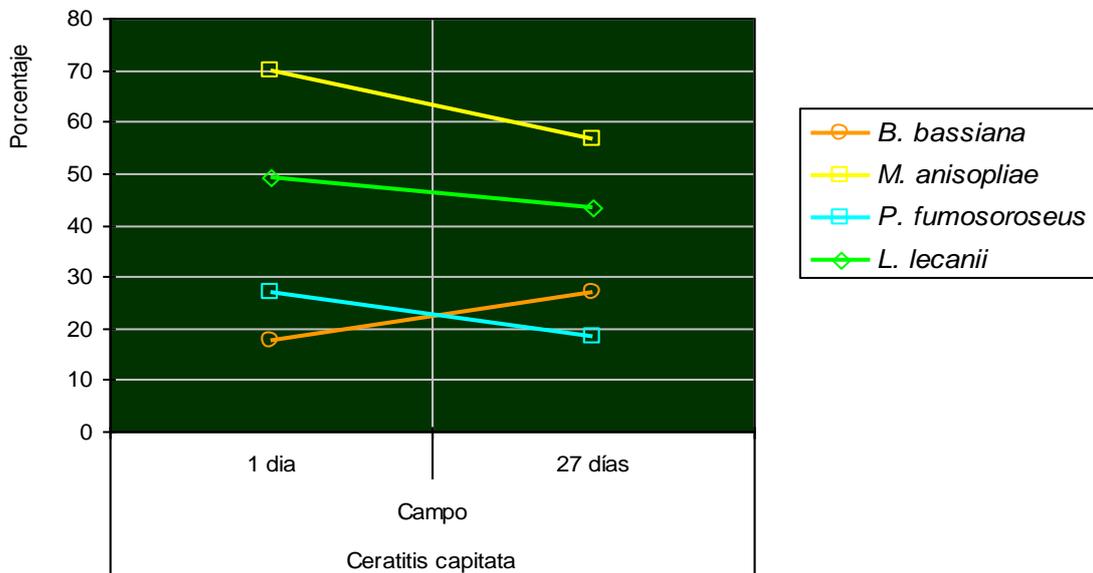


Figura 58: Porcentajes de eficacia en las dos subetapas del ensayo a nivel de campo para *C. capitata*.

V. CONCLUSIONES

1. Los cuatro hongos entomopatógenos probados *Metarhizium anisopliae*, *Lecanicillium lecanii*, *Beauveria bassiana* y *Paecilomyces fumosoroseus* son patogénicos para ambas especies de moscas de la fruta *Anastrepha fraterculus* y *Ceratitis capitata* en su estadio de larva III y pupa a nivel de laboratorio, y en el suelo a nivel de invernadero y campo.
2. *M. anisopliae* y en segundo lugar *L. lecanii* presentan la mayor actividad patogénica contra las dos especies de moscas de la fruta a nivel de laboratorio, invernadero y campo.
3. *B. bassiana* y *P. fumosoroseus* presentan una menor actividad patogénica contra las dos especies de moscas de la fruta en su estadio de pupa a nivel de laboratorio, invernadero y campo.
4. A nivel de laboratorio *L. lecanii* obtuvo los mayores porcentajes de eficacia para *A. fraterculus* y *C. capitata* con 87.27 y 72.55 por ciento respectivamente, similar eficacia estadísticamente fue obtenida por *M. anisopliae* con 83.64 y 68.62 por ciento para *A. fraterculus* y *C. capitata* respectivamente.
5. A nivel de Invernadero los mayores porcentajes de eficacia se obtuvieron a los 45 días después de la aplicación por *M. anisopliae* para *A. fraterculus* y *C. capitata* con 62.76 y 62.50 por ciento respectivamente, similar eficacia estadísticamente fue obtenida por *L. lecanii* con 41.38 y 69.17 por ciento para *A. fraterculus* y *C. capitata* respectivamente.
6. A nivel de Campo a un día después de la aplicación *M. anisopliae* obtuvo los mayores porcentajes de eficacia para *A. fraterculus* y *C. capitata* con 84.56 y 69.93 por ciento respectivamente, similar eficacia estadísticamente fue obtenida por *L.*

lecanii con 63.97 y 49.02 por ciento para *A. fraterculus* y *C. capitata* respectivamente.

7. A través del tiempo los hongos entomopatógenos presentan efecto residual el cual va disminuyendo progresivamente hasta porcentajes aceptables mayores a 50 % de eficacia hasta los 90 días en invernadero, a los 135 días la eficacia disminuyó considerablemente a menos de 40 por ciento para ambas especies.
8. En las tres etapas del experimento (laboratorio, invernadero y campo) se observa la misma tendencia de comportamiento de los 4 hongos entomopatógenos probados coincidiendo como mejores *M. anisopliae* y *L. lecanii* para las tres etapas.

VI. RECOMENDACIONES

1. Continuar con trabajos de investigación similares solamente con los hongos entomopatógenos *Metarhizium anisopliae* y *Lecanicillium lecanii* que obtuvieron los mayores porcentajes de eficacia para las especies plaga *Anastrepha fraterculus* y *Ceratitis capitata*, orientados a determinar la mejor forma de aplicación y dosis a nivel de campo.
2. Realizar trabajos con una metodología similar para determinar los entomopatógenos más eficaces para otras plagas de importancia económica.
3. Probar el efecto sinérgico de los dos hongos entomopatógenos *Metarhizium anisopliae* y *Lecanicillium lecanii* para el control de moscas de la fruta.
4. Probar el efecto sinérgico de los cuatro entomopatógenos probados, en diferentes combinaciones, para el control de moscas de la fruta.
5. Realizar los tres ensayos o etapas en la misma época del año, para obtener resultados con las mismas condiciones climáticas.
6. Realizar ensayos de aplicación en solución, de los hongos entomopatógenos que mostraron mayor eficacia a nivel de campo con la finalidad de optimizar su uso, orientando las aplicaciones debajo de la copa, en donde se encuentran los insectos, protegiendo así a los hongos entomopatógenos de las radiaciones solares.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alcázar, S. Jesús. 1993. *Beauveria sp.* Hongo amigo del agricultor. Boletín de la Papa - Vol. 5, No. <http://www.redepapa.org/boletinsetentanueve.html>.

Alean, C. I. 2003. Evaluación de la patogenicidad de diferentes hongos *entomopatógenos para el control de la mosca blanca de la yuca Aleurotrachelus sociales* Bondar: Aleyrodidae, bajo condiciones de invernadero. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias Básicas, Microbiología y Agrícola veterinaria. Colombia.

Aluja Schuneman, Martín. 1993. Manejo Integrado de la Mosca de la Fruta. 1ra edición, editorial Trillas, México, 251 pág.

Alves, Sergio Batista. 1998. Controle Microbiano de Insetos. Fundación de Estudios Agrarios Luis de Quiroz, Sao Paulo, Brasil. 2da edición. 1159 pág.

Berlanga Padilla, Angélica. 2002. Efecto de la temperatura sobre el crecimiento y la virulencia de *Metarrhizium anisopliae*, *M. anisopliae* var. *Acridum* y *Beauveria bassiana* en *Schistocerca piceifrons piceifrons*. México. Revista Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) N° 63 p. 51 – 55.

Coba, L. J., Scorza J. V., 2009. Efecto de *Beauveria bassiana*, *Beauveria brongniartii* y la aplicación de gasoil en el control de moscas caseras en galpones avícolas. Venezuela. Instituto de Investigaciones Experimentales José Witremundo Torrealba, Universidad de los Andes (ULA). 54 pág.

Fernández Larrea, O. 1994. Tecnologías para la producción de biopesticidas a base de hongos entomopatógenos y su control de la calidad. Laboratorio de Hongos Entomopatógenos. INISAV, Calle 110 y 5ta B # 514 Playa Ciudad de la Habana, Cuba. <http://www.buscagro.com/cgi-bin/jump2.cgi?ID=23352>.

Gerding, M. France A. 2000. Evaluación de cepas nativas de *Metarhizium anisopliae* var. *anisopliae* sobre *Otiorhynchus sulcatus* Fab. (Coleoptera – Curculionidae). Agric. Téc. v.60 n.3 Santiago jul. 2000.

<http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0365-> SciELO - Scientific Electronic Library Online, ANID – CHILE, Moneda 1375. Santiago – Chile.

Gil Bacilo, José Luis, 2003. Ocurrencia poblacional de las moscas de la fruta del género *Anastrepha* en zapote (*Matisia cordata* Humb & Bonpl) en Tingo María – Huánuco. Tesis de Maestría, especialidad Entomología, Universidad Nacional Agraria La Molina.

Gómez, H. 1999av. Aislamiento e identificación de hongos entomopatógenos de la “mosca blanca” *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae) en Lima, Perú. Programa Nacional de Control Biológico – SENASA. Lima – Perú. Rev. Per. Entom. Vol 41: 83-86.

Gómez, H. 1999b. Experiencias en la utilización del hongo *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin en el control de plagas agrícolas en el Perú. Programa Nacional de Control Biológico – SENASA. Lima – Perú. Rev. Per. Entom. Vol 41: 79-82.

González Vargas & Jara. 1971. Técnica de Machos estériles en *Anastrepha*. Biología de *Anastrepha fraterculus* (Wied). Estación Experimental Agraria La Molina. Lima Perú. Rev. Per. de Entom. Vol 14, N° 1. Lima Perú. Pág. 67 – 76.

Lecuona, Roberto E. 1996, Microorganismos patógenos empleados en el control microbiano de insectos plaga. Edit. Talleres Gráficos Mariano Mass. Bs. As. Argentina. 338 pág.

Martínez de Carrillo, M. 2006. *Metarhizium anisopliae*: Control alternativo para el perforador del fruto del Tomate. FONAIAP - Venezuela.

Matheus Gómez, Herbert. 2005, Las Moscas de la Fruta. 1ra edición, Instituto Colombiano Agropecuario – ICA. 67 pág.

Monografías: *Paecilomyces lilacinus*. K. L. y Khan, A.: "Infections of the interaction of *Paecilomyces lilacinus* with *Meloidoyne incognita*". *Nematology*, 1: 131-139, 1999. 61.
López, J. A.: "Control Biológico de Nematodos Parásitos de Plantas". En: *Control Biológico de Plagas Agrícolas* (Caraballo, M. y Guaharay, F. Eds): 185-200.

Monzón, Arnulfo. 2002. Producción, uso y control de calidad de hongos entomopatógenos en Nicaragua. Universidad Nacional Agraria de Nicaragua. *Revista Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)* N° 63.

Navarro Córdova, Jorge. 2000. Prospección de Moscas de la Fruta mediante el uso de trampas y feromonas sexuales. Tesis Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional Agraria La Molina. 138 pág.

Olalquiaga, G., Lobos, C. 1993. La Mosca del Mediterráneo en Chile, Introducción y Erradicación. Servicio Agrícola y Ganadero, Ministerio de Agricultura. Chile. 268 pág.

Rodríguez Cauti, Erika. 1997. Informe de Práctica Pre-Profesional: Patogenicidad de los hongos *Beauveria bassiana* y *Metarrhizium anisopliae* sobre *Ceratitis capitata* "Mosca de la Fruta". Universidad Nacional Federico Villareal – Escuela Profesional de Biología.

Rodríguez Dos Santos, A. 2003. Aislamiento de hongos entomopatógenos en Uruguay y su virulencia sobre *Trialeurodes vaporariorum* West. *Agrociencia* 2003, Vol VII, N° 2, pág 71 – 78.

Rosillo, A. y Portillo, M. 1971. Factores que detienen el incremento de la densidad de población de *Anastrepha fraterculus* (Wied) y *Ceratitis capitata* (Wied) – Región citrícola de Bella Vista, Corrientes, Argentina. *Rev. Per. de Entom.* Vol 14, N° 2. Lima Perú. Pág. 323 – 333.

SENASA - Servicio Nacional de Sanidad Agraria. 1999. Curso "Control Integrado de Moscas de la Fruta". Lima – Perú.

SENASA - Servicio Nacional de Sanidad Agraria. 2002. Manual de Control Integrado de Moscas de la fruta. Lima – Perú. 204 pág.

Van Driesche, Roy. 2007, Control de Plagas y Malezas por Enemigos Naturales. Forest Health Technology Enterprise Team (FHTET) – USDA – USA, 751 pág.

VIII. ANEXOS

Anexo 1: RESULTADOS DE PORCENTAJES DE EMERGENCIA, MORTALIDAD Y EFICACIA POR LA APLICACIÓN DE 04 HONGOS ENTOMOPATÓGENOS CONTRA MOSCAS DE LA FRUTA *Ceratitis capitata* y *Anastrepha fraterculus*

ETAPA 1: ENSAYO EN LABORATORIO, BIOENSAYO EN PLACAS CON PAPEL SECANTE

Tratamiento	Hongo entomopatógeno	Repetición (20 larvas / placa)	ESPECIES DE MOSCAS DE LA FRUTA								% de mortalidad promedio para ambas especies	% de eficacia promedio por efecto del entomopatógeno para ambas especies	
			<i>Anastrepha fraterculus</i>				Tratamiento	<i>Ceratitis capitata</i>					
			N° de adultos emergidos	% de emergencia	% de mortalidad	% de eficacia*		N° de adultos emergidos	% de emergencia	% de mortalidad			% de eficacia*
1	Testigo	A	18	90.00	10.00		6	17	85.00	15.00		11.67	--
		B	20	100.00	0.00			16	80.00	20.00			
		C	17	85.00	15.00			18	90.00	10.00			
		Total / Prom.	55	91.67	8.33	--		51	85.00	15.00	--		
2	<i>Beauveria bassiana</i>	A	7	35.00	65.00	61.82	7	9	45.00	55.00	47.06	60.00	54.44
		B	5	25.00	75.00	72.73		7	35.00	65.00	58.82		
		C	9	45.00	55.00	50.91		11	55.00	45.00	35.29		
		Total / Prom.	21	35.00	65.00	61.82		27	45.00	55.00	47.06		
3	<i>Metarrhizium anisopliae</i>	A	2	10.00	90.00	89.09	8	5	25.00	75.00	70.59	79.17	76.13
		B	2	10.00	90.00	89.09		7	35.00	65.00	58.82		
		C	5	25.00	75.00	72.73		4	20.00	80.00	76.47		
		Total / Prom.	9	15.00	85.00	83.64		16	26.67	73.33	68.63		
4	<i>Paecilomyces fumosoroseus</i>	A	6	30.00	70.00	67.27	9	12	60.00	40.00	29.41	51.67	44.78
		B	10	50.00	50.00	45.45		9	45.00	55.00	47.06		
		C	7	35.00	65.00	61.82		14	70.00	30.00	17.65		
		Total / Prom.	23	38.33	61.67	58.18		35	58.33	41.67	31.37		
5	<i>Lecanicillium lecanii</i>	A	3	15.00	85.00	83.64	10	2	10.00	90.00	88.24	82.50	79.91
		B	3	15.00	85.00	83.64		4	20.00	80.00	76.47		
		C	1	5.00	95.00	94.55		8	40.00	60.00	52.94		
		Total / Prom.	7	11.67	88.33	87.27		14	23.33	76.67	72.55		

Anexo 2: RESULTADOS DE PORCENTAJES DE EMERGENCIA, MORTALIDAD Y EFICACIA POR LA APLICACIÓN DE 04 HONGOS ENTOMOPATÓGENOS CONTRA MOSCAS DE LA FRUTA *Ceratitis capitata* y *Anastrepha fraterculus*

ETAPA 2A: ENSAYO EN INVERNADERO, EFECTO INMEDIATO (1 día después de la aplicación)

Tratamiento	Hongo entomopatógeno	Repetición (50 larvas / caja)	ESPECIES DE MOSCAS DE LA FRUTA								% de mortalidad promedio para ambas especies	% de eficacia promedio por efecto del entomopatógeno para ambas especies	
			<i>Anastrepha fraterculus</i>				Tratamiento	<i>Ceratitis capitata</i>					
			Nº de adultos emergidos	% de emergencia	% de mortalidad	% de eficacia		Nº de adultos emergidos	% de emergencia	% de mortalidad			% de eficacia
1	Testigo	A	48	96.00	4.00	6	42	84.00	16.00	8.00	--		
		B	49	98.00	2.00		44	88.00	12.00				
		C	49	98.00	2.00		44	88.00	12.00				
		Total	146	97.33	2.67		--	130	86.67			13.33	--
2	<i>Beauveria bassiana</i>	A	40	80.00	20.00	7	17	34.00	66.00	60.77	46.33	42.80	
		B	35	70.00	30.00		28.08	14	28.00	72.00			67.69
		C	37	74.00	26.00		23.97	18	36.00	64.00			58.46
		Total	112	74.67	25.33		23.29	49	32.67	67.33			62.31
3	<i>Metarrhizium anisopliae</i>	A	29	58.00	42.00	8	15	30.00	70.00	65.38	60.00	57.47	
		B	32	64.00	36.00		34.25	10	20.00	80.00			76.92
		C	25	50.00	50.00		48.63	9	18.00	82.00			79.23
		Total	86	57.33	42.67		41.10	34	22.67	77.33			73.85
4	<i>Paecilomyces fumosoroseus</i>	A	39	78.00	22.00	9	31	62.00	38.00	28.46	35.00	29.85	
		B	42	84.00	16.00		13.70	21	42.00	58.00			51.54
		C	34	68.00	32.00		30.14	28	56.00	44.00			35.38
		Total	115	76.67	23.33		21.23	80	53.33	46.67			38.46
5	<i>Lecanicillium lecanii</i>	A	31	62.00	38.00	10	13	26.00	74.00	70.00	58.33	55.67	
		B	30	60.00	40.00		38.36	9	18.00	82.00			79.23
		C	28	56.00	44.00		42.47	14	28.00	72.00			67.69
		Total	89	59.33	40.67		39.04	36	24.00	76.00			72.31

Anexo 3: RESULTADOS DE PORCENTAJES DE EMERGENCIA, MORTALIDAD Y EFICACIA POR LA APLICACIÓN DE 04 HONGOS ENTOMOPATÓGENOS CONTRA MOSCAS DE LA FRUTA *Ceratitis capitata* y *Anastrepha fraterculus*.

ETAPA 2B: ENSAYO EN INVERNADERO, EFECTO RESIDUAL INTERMEDIO (45 días después de la aplicación)

Tratamiento	Hongo entomopatógeno	Repetición (50 larvas / caja)	ESPECIES DE MOSCAS DE LA FRUTA										
			<i>Anastrepha fraterculus</i>				Tratamiento	<i>Ceratitis capitata</i>				% de mortalidad promedio para ambas especies	% de eficacia promedio por efecto del entomopatógeno para ambas especies
			N° de adultos emergidos	% de emergencia	% de mortalidad	% de eficacia		N° de adultos emergidos	% de emergencia	% de mortalidad	% de eficacia		
1	Testigo	A	48	96.00	4.00	6	39	78.00	22.00	11.67	--		
		B	49	98.00	2.00		42	84.00	16.00				
		C	48	96.00	4.00		39	78.00	22.00				
		Total	145	96.67	3.33		--	120	80.00			20.00	--
2	<i>Beauveria bassiana</i>	A	46	92.00	8.00	7	22	44.00	56.00	45.00	38.00	32.27	
		B	42	84.00	16.00		15	30.00	70.00	62.50			
		C	48	96.00	4.00		13	26.00	74.00	67.50			
		Total	136	90.67	9.33		6.21	50	33.33	66.67			58.33
3	<i>Metarrhizium anisopliae</i>	A	18	36.00	64.00	8	16	32.00	68.00	60.00	67.00	62.63	
		B	18	36.00	64.00		12	24.00	76.00	70.00			
		C	18	36.00	64.00		17	34.00	66.00	57.50			
		Total	54	36.00	64.00		62.76	45	30.00	70.00			62.50
4	<i>Paecilomyces fumosoroseus</i>	A	48	96.00	4.00	9	32	64.00	36.00	20.00	24.67	16.03	
		B	47	94.00	6.00		21	42.00	58.00	47.50			
		C	47	94.00	6.00		31	62.00	38.00	22.50			
		Total	142	94.67	5.33		2.07	84	56.00	44.00			30.00
5	<i>Lecanicillium lecanii</i>	A	28	56.00	44.00	10	10	20.00	80.00	75.00	59.33	55.27	
		B	28	56.00	44.00		12	24.00	76.00	70.00			
		C	29	58.00	42.00		15	30.00	70.00	62.50			
		Total	85	56.67	43.33		41.38	37	24.67	75.33			69.17

Anexo 4: RESULTADOS DE PORCENTAJES DE EMERGENCIA, MORTALIDAD Y EFICACIA POR LA APLICACIÓN DE 04 HONGOS ENTOMOPATÓGENOS CONTRA MOSCAS DE LA FRUTA *Ceratitis capitata* y *Anastrepha fraterculus*

ETAPA 2C: ENSAYO EN INVERNADERO, EFECTO RESIDUAL INTERMEDIO (90 días después de la aplicación)

Tratamiento	Hongo entomopatógeno	Repetición (50 larvas / caja)	ESPECIES DE MOSCAS DE LA FRUTA								% de mortalidad promedio para ambas especies	% de eficacia promedio por efecto del entomopatógeno para ambas especies	
			<i>Anastrepha fraterculus</i>				Tratamiento	<i>Ceratitis capitata</i>					
			N° de adultos emergidos	% de emergencia	% de mortalidad	% de eficacia		N° de adultos emergidos	% de emergencia	% de mortalidad			% de eficacia
1	Testigo	A	44	88.00	12.00		6	44	88.00	12.00		10.00	--
		B	45	90.00	10.00			42	84.00	16.00			
		C	50	100.00	0.00			45	90.00	10.00			
		Total	139	92.67	7.33	--		131	87.33	12.67	--		
2	<i>Beauveria bassiana</i>	A	39	78.00	22.00	15.83	7	30	60.00	40.00	31.30	33.00	25.79
		B	35	70.00	30.00	24.46		32	64.00	36.00	26.72		
		C	40	80.00	20.00	13.67		25	50.00	50.00	42.75		
		Total	114	76.00	24.00	17.99		87	58.00	42.00	33.59		
3	<i>Metarrhizium anisopliae</i>	A	23	46.00	54.00	50.36	8	19	38.00	62.00	56.49	58.00	53.29
		B	18	36.00	64.00	61.15		21	42.00	58.00	51.91		
		C	22	44.00	56.00	52.52		23	46.00	54.00	47.33		
		Total	63	42.00	58.00	54.68		63	42.00	58.00	51.91		
4	<i>Paecilomyces fumosoroseus</i>	A	41	82.00	18.00	11.51	9	43	86.00	14.00	1.53	17.67	8.47
		B	41	82.00	18.00	11.51		39	78.00	22.00	10.69		
		C	43	86.00	14.00	7.19		40	80.00	20.00	8.40		
		Total	125	83.33	16.67	10.07		122	81.33	18.67	6.87		
5	<i>Lecanicillium lecanii</i>	A	33	66.00	34.00	28.78	10	26	52.00	48.00	40.46	38.00	31.36
		B	38	76.00	24.00	17.99		28	56.00	44.00	35.88		
		C	36	72.00	28.00	22.30		25	50.00	50.00	42.75		
		Total	107	71.33	28.67	23.02		79	52.67	47.33	39.69		

Anexo 5: RESULTADOS DE PORCENTAJES DE EMERGENCIA, MORTALIDAD Y EFICACIA DE ADULTOS POR LA APLICACIÓN DE 04 HONGOS ENTOMOPATÓGENOS CONTRA MOSCAS DE LA FRUTA *Ceratitis capitata* y *Anastrepha fraterculus*

ETAPA 2D: ENSAYO EN INVERNADERO, EFECTO RESIDUAL FINAL (135 días después de la aplicación)

Tratamiento	Hongo entomopatógeno	Repetición (50 larvas / caja)	ESPECIES DE MOSCAS DE LA FRUTA											% de mortalidad promedio para ambas especies	% de eficacia promedio por efecto del entomopatógeno para ambas especies
			<i>Anastrepha fraterculus</i>				Tratamiento	<i>Ceratitis capitata</i>							
			Nº de adultos emergidos	% de emergencia	% de mortalidad	% de eficacia		Nº de adultos emergidos	% de emergencia	% de mortalidad	% de eficacia				
1	Testigo	A	42	84.00	16.00		6	44	88.00	12.00		14.33	--		
		B	41	82.00	18.00			44	88.00	12.00					
		C	45	90.00	10.00			41	82.00	18.00					
		Total	128	85.33	14.67	--		129	86.00	14.00	--				
2	<i>Beauveria bassiana</i>	A	38	76.00	24.00	10.94	7	36	72.00	28.00	16.28	24.67	12.04		
		B	42	84.00	16.00	1.56		34	68.00	32.00	20.93				
		C	41	82.00	18.00	3.91		35	70.00	30.00	18.60				
		Total	121	80.67	19.33	5.47		105	70.00	30.00	18.60				
3	<i>Metarrhizium anisopliae</i>	A	21	42.00	58.00	50.78	8	39	78.00	22.00	9.30	40.00	30.00		
		B	26	52.00	48.00	39.06		37	74.00	26.00	13.95				
		C	31	62.00	38.00	27.34		26	52.00	48.00	39.53				
		Total	78	52.00	48.00	39.06		102	68.00	32.00	20.93				
4	<i>Paecilomyces fumosoroseus</i>	A	42	84.00	16.00	1.56	9	41	82.00	18.00	4.65	19.00	5.44		
		B	41	82.00	18.00	3.91		42	84.00	16.00	2.33				
		C	41	82.00	18.00	3.91		36	72.00	28.00	16.28				
		Total	124	82.67	17.33	3.13		119	79.33	20.67	7.75				
5	<i>Lecanicillium lecanii</i>	A	37	74.00	26.00	13.28	10	39	78.00	22.00	9.30	25.00	12.45		
		B	38	76.00	24.00	10.94		35	70.00	30.00	18.60				
		C	36	72.00	28.00	15.63		40	80.00	20.00	6.98				
		Total	111	74.00	26.00	13.28		114	76.00	24.00	11.63				

Anexo 6: RESULTADOS DE PORCENTAJES DE EMERGENCIA, MORTALIDAD Y EFICACIA DE ADULTOS POR LA APLICACIÓN DE 04 HONGOS ENTOMOPATÓGENOS CONTRA MOSCAS DE LA FRUTA *Ceratitis capitata* y *Anastrepha fraterculus*

ETAPA 3A: ENSAYO EN CAMPO, 1 DIA DESPUÉS DE LA APLICACIÓN

Trata- miento	Hongo entomopatígeno	Repetición (50 larvas / jaula)	ESPECIES DE MOSCAS DE LA FRUTA								% de mortalidad promedio para ambas especies	% de eficacia promedio por efecto del entomopatígeno para ambas especies	
			<i>Anastrepha fraterculus</i>				Trata- miento	<i>Ceratitis capitata</i>					
			Nº de adultos emergidos	% de emergencia	% de mortalidad	% de eficacia		Nº de adultos emergidos	% de emergencia	% de mortalidad			% de eficacia
1	Testigo	I	34	68.00	32.00	6	42	84.00	16.00	27.75	--		
		II	33	66.00	34.00		38	76.00	24.00				
		III	32	64.00	36.00		35	70.00	30.00				
		IV	37	74.00	26.00		38	76.00	24.00				
		Total	136	68.00	32.00		--	153	76.50			23.50	--
2	<i>Beauveria bassiana</i>	I	26	52.00	48.00	23.53	7	37	74.00	26.00	3.27	41.50	19.12
		II	25	50.00	50.00	26.47		33	66.00	34.00	13.73		
		III	30	60.00	40.00	11.76		29	58.00	42.00	24.18		
		IV	27	54.00	46.00	20.59		27	54.00	46.00	29.41		
		Total	108	54.00	46.00	20.59		126	63.00	37.00	17.65		
3	<i>Metarrhizium anisopliae</i>	I	6	12.00	88.00	82.35	8	13	26.00	74.00	66.01	83.25	77.25
		II	7	14.00	86.00	79.41		11	22.00	78.00	71.24		
		III	2	4.00	96.00	94.12		7	14.00	86.00	81.70		
		IV	6	12.00	88.00	77.78		15	30.00	70.00	60.78		
		Total	21	10.50	89.50	84.56		46	23.00	77.00	69.93		
4	<i>Paecilomyces fumosoroseus</i>	I	22	44.00	56.00	35.29	9	24	48.00	52.00	37.25	49.50	30.31
		II	19	38.00	62.00	44.12		28	56.00	44.00	26.80		
		III	24	48.00	52.00	29.41		29	58.00	42.00	24.18		
		IV	25	50.00	50.00	26.47		31	62.00	38.00	18.95		
		Total	90	45.00	55.00	33.82		112	56.00	44.00	26.80		
5	<i>Lecanicillium lecanii</i>	I	8	16.00	84.00	76.47	10	24	48.00	52.00	37.25	68.25	56.50
		II	12	24.00	76.00	64.71		19	38.00	62.00	50.33		
		III	17	34.00	66.00	50.00		12	24.00	76.00	68.63		
		IV	12	24.00	76.00	64.71		23	46.00	54.00	39.87		
		Total	49	24.50	75.50	63.97		78	39.00	61.00	49.02		

Anexo 7: RESULTADOS DE PORCENTAJES DE EMERGENCIA, MORTALIDAD Y EFICACIA DE ADULTOS POR LA APLICACIÓN DE 04 HONGOS ENTOMOPATÓGENOS CONTRA MOSCAS DE LA FRUTA *Ceratitis capitata* y *Anastrepha fraterculus*
ETAPA 3B: ENSAYO EN CAMPO, 27 DÍAS DESPUÉS DE LA APLICACIÓN

Trata- miento	Hongo entomopatógeno	Repetición (50 larvas / jaula)	ESPECIES DE MOSCAS DE LA FRUTA											% de mortalidad promedio para ambas especies	% de eficacia promedio por efecto del entomopatógeno para ambas especies
			<i>Anastrepha fraterculus</i>				Trata- miento	<i>Ceratitis capitata</i>							
			N° de adultos emergidos	% de emergencia	% de mortalidad	% de eficacia		N° de adultos emergidos	% de emergencia	% de mortalidad	% de eficacia				
1	Testigo	I	38	76.00	24.00		6	40	80.00	20.00		27.25	--		
		II	33	66.00	34.00			34	68.00	32.00					
		III	37	74.00	26.00			39	78.00	22.00					
		IV	35	70.00	30.00			35	70.00	30.00					
		Total	143	71.50	28.50	--		148	74.00	26.00	--				
2	<i>Beauveria bassiana</i>	I	34	68.00	32.00	4.90	7	29	58.00	42.00	21.62	40.00	17.36		
		II	33	66.00	34.00	7.69		29	58.00	42.00	21.62				
		III	30	60.00	40.00	16.08		24	48.00	52.00	35.14				
		IV	35	70.00	30.00	2.10		26	52.00	48.00	29.73				
		Total	132	66.00	34.00	7.69		108	54.00	46.00	27.03				
3	<i>Metarrhizium anisopliae</i>	I	17	34.00	66.00	52.45	8	18	36.00	64.00	51.35	67.00	54.60		
		II	12	24.00	76.00	66.43		10	20.00	80.00	72.97				
		III	15	30.00	70.00	58.04		17	34.00	66.00	54.05				
		IV	24	48.00	52.00	27.27		19	38.00	62.00	48.65				
		Total	68	34.00	66.00	52.45		64	32.00	68.00	56.76				
4	<i>Paecilomyces fumosoroseus</i>	I	28	56.00	44.00	21.68	9	32	64.00	36.00	13.51	38.75	15.76		
		II	30	60.00	40.00	16.08		27	54.00	46.00	27.03				
		III	33	66.00	34.00	7.69		28	56.00	44.00	24.32				
		IV	33	66.00	34.00	7.69		34	68.00	32.00	8.11				
		Total	124	62.00	38.00	13.29		121	60.50	39.50	18.24				
5	<i>Lecanicillium lecanii</i>	I	29	58.00	42.00	18.88	10	18	36.00	64.00	51.35	59.75	44.70		
		II	9	18.00	82.00	74.83		20	40.00	60.00	45.95				
		III	13	26.00	74.00	63.64		15	30.00	70.00	59.46				
		IV	26	52.00	48.00	27.27		31	62.00	38.00	16.22				
		Total	77	38.50	61.50	46.15		84	42.00	58.00	43.24				

**Anexo 8: REGISTRO DE TEMPERATURAS
(°C)**

AGOSTO 2006

Humedad Relativa: 63 - 71 %

DIA	8:00 am.	02:00 pm.	06:00 pm.
01	--	--	--
02	--	--	--
03	--	--	--
04	--	--	--
05	--	--	--
06	--	--	--
07	--	--	--
08	--	--	--
09	21	24	20
10	20	24	21
11	25	37	25
12	21	25	22
13	--	--	--
14	21	25	22
15	21	24	22
16	20	25	22
17	23	25	23
18	23	30	24
19	25	30	25
20	--	--	--
21	26	33	24
22	25	28	24
23	25	36	25
24	24	28	23
25	24	30	24
26	27	27	25
27	--	--	--
28	22	26	25
29	25	37	25
30	--	--	--
31	24	35	23
T	442	549	444
X	23.26	28.89	23.36
X	25.17		

Anexo 9: Análisis estadístico e interpretación de la Etapa 1: Ensayo de laboratorio o Bioensayo, *A. fraterculus*.

Cuadro A: Cuadrados medios observados en el ANVA, promedio y coeficiente de variabilidad para las variables evaluadas.

Fuente de variabilidad	GL	Porcentaje de mortalidad (*)	GL	Porcentaje de eficacia respecto del Testigo (*)
Tratamientos	4	0.4493**	3	0.0927*
Error	10	0.0155	8	0.0130
Total	14	----	11	---
Promedio	----	61.66	---	72.72
C V (%)	----	13.70	----	10.99

(*): Estas variables por ser porcentajes fueron transformadas para realizar el ANVA

*: Con significación estadística en el ANVA; **: con alta significación estadística en el ANVA; ns: sin diferencia estadística en el ANVA.

Cuadro B: Promedio de porcentajes de mortalidad y eficacia de los tratamientos en estudio.

Porcentaje de mortalidad		Porcentaje de Eficacia		Resultados por PRM Duncan
Tratamientos	Promedio	Tratamientos	Promedio	
Testigo	8.33 C			
<i>B. bassiana</i>	65.00 B	<i>B. bassiana</i>	61.82	B
<i>M. anisopliae</i>	85.00 A	<i>M. anisopliae</i>	83.639	A
<i>P. fumosoroseus</i>	61.67 B	<i>P. fumosoroseus</i>	58.18	B
<i>L. lecanii</i>	88.33 A	<i>L. lecanii</i>	87.27	A

¹: Letras iguales en la columna no presentan diferencias estadísticas. PRM de Duncan a probabilidad de 95%.

Interpretación:

Según el Cuadro A, hubo diferencia altamente significativa entre los tratamientos; por lo cual, se hizo la Prueba de Rango Múltiple de Duncan cuyos resultados se presentan en el Cuadro B; donde *M. anisopliae*, estadísticamente es similar a *L. lecanii* habiendo alcanzado promedios de mortalidad de 85,00 y 88,33 por ciento, respectivamente; pero estos tratamientos fueron superiores al resto. Además, se observó que *B. Bassiana* y *P. fumosoroseus* fueron estadísticamente similares pero superiores al testigo.

Anexo 10: Análisis estadístico e interpretación de la Etapa 1: Ensayo de Laboratorio o Bioensayo, *C. capitata*.

Cuadro A. Cuadrados medios observados en el ANVA, promedio y coeficiente de variabilidad para las variables evaluadas.

Fuente de variabilidad	GL	Porcentaje de mortalidad (*)	GL	Porcentaje de eficacia respecto del Testigo (*)
Tratamientos	4	0.23022**	3	0.01274*
Error	10	0.01463	8	0.0228
Total	14	----	11	----
Promedio	----	52.33	----	54.90
C V (%)	----	14.85	----	18.03

(*): Estas variables por ser porcentajes fueron transformadas para realizar el ANVA

*: Con significación estadística en el ANVA; **: con alta significación estadística en el ANVA; ns: sin diferencia estadística en el ANVA.

Cuadro B. Promedio de porcentajes de mortalidad y eficacia de los tratamientos en estudio. (tomar los datos del DUNCAN con datos originales).

Porcentaje de mortalidad		Porcentaje de Eficacia		Resultados por PRM Duncan
Tratamientos	Promedio	Tratamientos	Promedio	
Testigo	15.00 D			
<i>B. bassiana</i>	55.00 BC	<i>B. bassiana</i>	47.06	AB
<i>M. anisopliae</i>	73.33 AB	<i>M. anisopliae</i>	68.63	A
<i>P. fumosoroseus</i>	41.66 C	<i>P. fumosoroseus</i>	31.37	B
<i>L. lecanii</i>	76.66 A	<i>L. lecanii</i>	72.55	A

¹: Letras iguales en la columna no presentan diferencias estadísticas. PRM de Duncan a probabilidad de 95%.

Interpretación:

Según el Cuadro A, hubo diferencia altamente significativa entre los tratamientos; por lo cual, se hizo la Prueba de Rango Múltiple de Duncan cuyos resultados se presentan en el Cuadro B; donde *M. anisopliae* estadísticamente es similar a *L. lecanii* habiendo alcanzado promedios de mortalidad de **73.33** y **76.66** por ciento, respectivamente; estos tratamientos también fueron superiores al resto. En segundo lugar *B. bassiana* y *P. fumosoroseus* fueron estadísticamente similares y superiores al testigo. Desde esta prueba se observa que *B. bassiana* obtiene mayores porcentajes de mortalidad cercano al obtenido por *M. anisopliae*.

Anexo 11: Análisis estadístico e interpretación de la Etapa 2a: Ensayo de invernadero, efecto inmediato, infestación 1 día después de la aplicación de los entomopatógenos – *A. fraterculus*.

Cuadro A: Cuadrados medios observados en el ANVA, promedio y coeficiente de variabilidad para las variables evaluadas.

Fuente de variabilidad	GL	Porcentaje de mortalidad (*)	GL	Porcentaje de eficacia respecto del Testigo (*)
Tratamientos	4	0.1406**	3	0.03941**
Error	10	0.0038	8	0.0051
Total	14	----	11	----
Promedio	----	26.93	----	31.16
C V (%)	----	11.84	----	12.23

(*): Estas variables por ser porcentajes fueron transformadas para realizar el ANVA

*: Con significación estadística en el ANVA; **: con alta significación estadística en el ANVA; ns: sin diferencia estadística en el ANVA.

Cuadro B: Promedio de porcentajes de mortalidad y eficacia de los tratamientos en estudio.

Porcentaje de mortalidad		Porcentaje de Eficacia		Resultados por PRM Duncan
Tratamientos	Promedio	Tratamientos	Promedio	
Testigo	2.66 C			
<i>B. bassiana</i>	25.33 B	<i>B. bassiana</i>	23.28	B
<i>M. anisopliae</i>	42.66 A	<i>M. anisopliae</i>	41.09	A
<i>P. fumosoroseus</i>	23.33 B	<i>P. fumosoroseus</i>	21.23	B
<i>L. lecanii</i>	40.66 A	<i>L. lecanii</i>	39.04	A

¹: Letras iguales en la columna no presentan diferencias estadísticas. PRM de Duncan a probabilidad de 95%.

Interpretación:

Según el Cuadro A, hubo diferencia altamente significativa entre los tratamientos; por lo cual, se hizo la Prueba de Rango Múltiple de Duncan cuyos resultados se presentan en el Cuadro B; donde también *M. anisopliae*, estadísticamente es similar a *L. lecanii* habiendo alcanzado promedios de mortalidad de **42.66** y **40.66** por ciento respectivamente; estos tratamientos fueron superiores al resto. Además, se observó que *B. bassiana* y *P. fumosoroseus* fueron estadísticamente similares y superiores al testigo.

Anexo 12: Análisis estadístico e interpretación de la Etapa 2a: Ensayo de invernadero, efecto inmediato, infestación 1 día después de la aplicación de los entomopatógenos, *C. capitata*.

Cuadro A: Cuadrados medios observados en el ANVA, promedio y coeficiente de variabilidad para las variables evaluadas.

Fuente de variabilidad	GL	Porcentaje de mortalidad (*)	GL	Porcentaje de eficacia respecto del Testigo (*)
Tratamientos	4	0.2583**	3	0.0867**
Error	10	0.0047	8	0.0072
Total	14	----	11	----
Promedio	----	56.13	----	61.72
C V (%)	----	8.08	----	9.39

(*): Estas variables por ser porcentajes fueron transformadas para realizar el ANVA

*: Con significación estadística en el ANVA; **: con alta significación estadística en el ANVA; ns: sin diferencia estadística en el ANVA.

Cuadro B: Promedio de porcentajes de mortalidad y eficacia de los tratamientos en estudio. (tomar los datos del DUNCAN con datos originales).

Porcentaje de mortalidad		Porcentaje de Eficacia		Resultados por PRM Duncan
Tratamientos	Promedio	Tratamientos	Promedio	
Testigo	13.33 C			
<i>B. bassiana</i>	67.33 A	<i>B. bassiana</i>	62.30	A
<i>M. anisopliae</i>	77.33 A	<i>M. anisopliae</i>	73.84	A
<i>P. fumosoroseus</i>	46.66 B	<i>P. fumosoroseus</i>	38.46	B
<i>L. lecanii</i>	76.00 A	<i>L. lecanii</i>	72.30	A

¹: Letras iguales en la columna no presentan diferencias estadísticas. PRM de Duncan a probabilidad de 95%.

Interpretación:

Según el Cuadro A, hubo diferencia altamente significativa entre los tratamientos; por lo cual, se hizo la Prueba de Rango Múltiple de Duncan cuyos resultados se presentan en el Cuadro B; donde *M. anisopliae*, *L. lecanii* y *B. bassiana* son similares estadísticamente habiendo alcanzado promedios de mortalidad de **77.33**, **76.00** y **67.33** por ciento respectivamente; estos tratamientos fueron superiores a *P. fumosoroseus* que obtuvo un 46.66 por ciento de mortalidad a su vez superior al testigo.

Anexo 13: Análisis estadístico e interpretación de la Etapa 2b: Ensayo de invernadero – efecto residual intermedio, infestación 45 días después de la aplicación de los entomopatógenos, *A. fraterculus*.

Cuadro A: Cuadrados medios observados en el ANVA, promedio y coeficiente de variabilidad para las variables evaluadas.

Fuente de variabilidad	GL	Porcentaje de mortalidad (*)	GL	Porcentaje de eficacia respecto del Testigo (*)
Tratamientos	4	0.3227**	3	0.4170**
Error	10	0.0024	8	0.0057
Total	14	----	11	----
Promedio	----	25.06	----	28.10
C V (%)	----	10.35	----	15.37

(*): Estas variables por ser porcentajes fueron transformadas para realizar el ANVA

*: Con signific. estadística en el ANVA; **: con alta significación estadística en el ANVA; ns: sin diferencia estadística en el ANVA.

Cuadro B: Promedio de porcentajes de mortalidad y eficacia de los tratamientos en estudio.

Porcentaje de mortalidad		Porcentaje de Eficacia		Resultados por PRM Duncan
Tratamientos	Promedio	Tratamientos	Promedio	
Testigo	3.33 D			
<i>B. bassiana</i>	9.33 C	<i>B. bassiana</i>	6.20	C
<i>M. anisopliae</i>	64.00 A	<i>M. anisopliae</i>	62.76	A
<i>P. fumosoroseus</i>	5.33 D	<i>P. fumosoroseus</i>	2.07	C
<i>L. lecanii</i>	43.33 B	<i>L. lecanii</i>	41.38	B

¹: Letras iguales en la columna no presentan diferencias estadísticas. PRM de Duncan a probabilidad de 95%.

Interpretación:

Según el Cuadro A, hubo diferencia altamente significativa entre los tratamientos; por lo cual, se hizo la Prueba de Rango Múltiple de Duncan cuyos resultados se presentan en el Cuadro B; donde en este caso *M. anisopliae* es estadísticamente superior al resto de tratamientos con un **64.00** por ciento de mortalidad, le sigue *L. lecanii* con **43.33** por ciento de promedio de mortalidad; estos tratamientos fueron superiores al resto. En tercer lugar se tiene a *B. bassiana* con 9.33 por ciento de mortalidad promedio y finalmente *P. fumosoroseus* que no tiene diferencia estadística con el testigo (5.33 y 3.33 por ciento respectivamente).

Anexo 14: Análisis estadístico e interpretación de la Etapa 2b: Ensayo de invernadero – efecto residual intermedio, infestación 45 días después de la aplicación de los entomopatógenos, *C. capitata*.

Cuadro A: Cuadrados medios observados en el ANVA, promedio y coeficiente de variabilidad para las variables evaluadas.

Fuente de variabilidad	GL	Porcentaje de mortalidad (*)	GL	Porcentaje de eficacia respecto del Testigo (*)
Tratamientos	4	0.1780**	3	0.0980**
Error	10	0.0067	8	0.0126
Total	14	----	11	----
Promedio	----	55.20	----	55.00
C V (%)	----	9.75	----	13.45

(*): Estas variables por ser porcentajes fueron transformadas para realizar el ANVA

*: Con significación estadística en el ANVA; **: con alta significación estadística en el ANVA; ns: sin diferencia estadística en el ANVA.

Cuadro B: Promedio de porcentajes de mortalidad y eficacia de los tratamientos en estudio. (tomar los datos del DUNCAN con datos originales).

Porcentaje de mortalidad		Porcentaje de Eficacia		Resultados por PRM Duncan
Tratamientos	Promedio	Tratamientos	Promedio	
Testigo	20.00 C			
<i>B. bassiana</i>	66.66 A	<i>B. bassiana</i>	58.33	A
<i>M. anisopliae</i>	70.00 A	<i>M. anisopliae</i>	62.50	A
<i>P. fumosoroseus</i>	44.00 B	<i>P. fumosoroseus</i>	30.00	B
<i>L. lecanii</i>	75.33 A	<i>L. lecanii</i>	69.16	A

¹: Letras iguales en la columna no presentan diferencias estadísticas. PRM de Duncan a probabilidad de 95%.

Interpretación:

Según el Cuadro A, hubo diferencia altamente significativa entre los tratamientos; por lo cual, se hizo la Prueba de Rango Múltiple de Duncan cuyos resultados se presentan en el Cuadro B; donde siguiendo el comportamiento anterior también *L. lecanii*, *M. anisopliae*, y *B. bassiana* son similares estadísticamente habiendo alcanzado promedios de mortalidad de 75.33, 70.00 y 66.66 por ciento respectivamente; estos tratamientos fueron superiores a *P. fumosoroseus* que obtuvo un 44.00 por ciento de mortalidad superior al testigo.

Anexo 15: Análisis estadístico e interpretación de la Etapa 2c: Ensayo de invernadero – efecto residual intermedio, infestación 90 días después de la aplicación de los entomopatógenos, *A. fraterculus*.

Cuadro A: Cuadrados medios observados en el ANVA, promedio y coeficiente de variabilidad para las variables evaluadas.

Fuente de variabilidad	GL	Porcentaje de mortalidad (*)	GL	Porcentaje de eficacia respecto del Testigo (*)
Tratamientos	4	0.1537**	3	0.1448**
Error	10	0.0072	8	0.0036
Total	14	----	11	----
Promedio	----	26.93	----	26.43
C V (%)	----	16.10	----	11.58

(*): Estas variables por ser porcentajes fueron transformadas para realizar el ANVA

*: Con signific. estadística en el ANVA; **: con alta significación estadística en el ANVA; ns: sin diferencia estadística en el ANVA.

Cuadro B: Promedio de porcentajes de mortalidad y eficacia de los tratamientos en estudio.

Porcentaje de mortalidad		Porcentaje de Eficacia		Resultados por PRM Duncan
Tratamientos	Promedio	Tratamientos	Promedio	
Testigo	7.33 D			
<i>B. bassiana</i>	24.00 CB	<i>B. bassiana</i>	17.98	CB
<i>M. anisopliae</i>	58.00 A	<i>M. anisopliae</i>	54.67	A
<i>P. fumosoroseus</i>	16.66 C	<i>P. fumosoroseus</i>	10.07	C
<i>L. lecanii</i>	28.66 B	<i>L. lecanii</i>	23.02	B

¹: Letras iguales en la columna no presentan diferencias estadísticas. PRM de Duncan a probabilidad de 95%.

Interpretación:

Según el Cuadro A, hubo diferencia altamente significativa entre los tratamientos; por lo cual, se hizo la Prueba de Rango Múltiple de Duncan cuyos resultados se presentan en el Cuadro B; donde en este caso *M. anisopliae* también es estadísticamente superior al resto de tratamientos con un **58.00** por ciento de mortalidad, le sigue *L. lecanii* con 28.66 por ciento de promedio de mortalidad; estos tratamientos fueron superiores al resto. En tercer lugar, se tiene a *B. bassiana* con 24.00 por ciento de mortalidad promedio y finalmente *P. fumosoroseus* que aún tiene diferencia estadística con el testigo (16.66 y 7.33 por ciento respectivamente).

Anexo 16: Análisis estadístico e interpretación de la Etapa 2c: Ensayo de invernadero, efecto residual intermedio, infestación 90 días después de la aplicación de los entomopatógenos, *C. capitata*.

Cuadro A: Cuadrados medios observados en el ANVA, promedio y coeficiente de variabilidad para las variables evaluadas.

Fuente de variabilidad	GL	Porcentaje de mortalidad (*)	GL	Porcentaje de eficacia respecto del Testigo (*)
Tratamientos	4	0.1363**	3	0.1704**
Error	10	0.0025	8	0.0058
Total	14	----	11	----
Promedio	----	35.73	----	33.01
C V (%)	----	8.00	----	12.97

(*): Estas variables por ser porcentajes fueron transformadas para realizar el ANVA.

*: Con significación estadística en el ANVA; **: con alta significación estadística en el ANVA; ns: sin diferencia estadística en el ANVA.

Cuadro B: Promedio de porcentajes de mortalidad y eficacia de los tratamientos en estudio. (tomar los datos del DUNCAN con datos originales).

Porcentaje de mortalidad		Porcentaje de Eficacia		Resultados por PRM Duncan
Tratamientos	Promedio	Tratamientos	Promedio	
Testigo	12.66 C			
<i>B. bassiana</i>	42.00 B	<i>B. bassiana</i>	33.59	B
<i>M. anisopliae</i>	58.00 A	<i>M. anisopliae</i>	51.91	A
<i>P. fumosoroseus</i>	18.66 C	<i>P. fumosoroseus</i>	6.87	C
<i>L. lecanii</i>	47.33 B	<i>L. lecanii</i>	39.69	B

1: Letras iguales en la columna no presentan diferencias estadísticas. PRM de Duncan a probabilidad de 95%.

Interpretación:

Según el Cuadro A, hubo diferencia altamente significativa entre los tratamientos; por lo cual, se hizo la Prueba de Rango Múltiple de Duncan cuyos resultados se presentan en el Cuadro B; donde *M. anisopliae* es estadísticamente superior al resto de tratamientos con un **58.00** por ciento de mortalidad, les sigue *L. lecanii* y *B. bassiana* que son estadísticamente similares con **47.33** y **42.00** por ciento de mortalidad respectivamente, estos tratamientos fueron superiores a *P. fumosoroseus* que es similar al testigo (18.66 y 12.66 por ciento respectivamente).

Anexo 17: Análisis estadístico e interpretación de la Etapa 2d: Ensayo de invernadero, efecto residual final, infestación 135 días después de la aplicación de los entomopatógenos, *A. fraterculus*.

Cuadro A: Cuadrados medios observados en el ANVA, promedio y coeficiente de variabilidad para las variables evaluadas.

Fuente de variabilidad	GL	Porcentaje de mortalidad (*)	GL	Porcentaje de eficacia respecto del Testigo (*)
Tratamientos	4	0.0664**	3	0.1519**
Error	10	0.0034	8	0.0073
Total	14	----	11	----
Promedio	----	25.06	----	15.23
C V (%)	----	11.24	----	23.79

(*): Estas variables por ser porcentajes fueron transformadas para realizar el ANVA

*: Con significación estadística en el ANVA; **: con alta significación estadística en el ANVA; ns: sin diferencia estadística en el ANVA.

Cuadro B: Promedio de porcentajes de mortalidad y eficacia de los tratamientos en estudio. (tomar los datos del DUNCAN con datos originales).

Porcentaje de mortalidad		Porcentaje de Eficacia		Resultados por PRM Duncan
Tratamientos	Promedio	Tratamientos	Promedio	
Testigo	14.66 C			
<i>B. bassiana</i>	19.33 CB	<i>B. bassiana</i>	5.47	B
<i>M. anisopliae</i>	48.00 A	<i>M. anisopliae</i>	39.06	A
<i>P. fumosoroseus</i>	17.33 CB	<i>P. fumosoroseus</i>	3.12	B
<i>L. lecanii</i>	26.00 B	<i>L. lecanii</i>	13.28	B

¹: Letras iguales en la columna no presentan diferencias estadísticas. PRM de Duncan a probabilidad de 95%.

Interpretación:

Según el Cuadro A, hubo diferencia significativa entre los tratamientos; por lo cual, se hizo la Prueba de Rango Múltiple de Duncan cuyos resultados se presentan en el Cuadro B; donde *M. anisopliae* también es estadísticamente superior al resto de tratamientos con un **48.00** por ciento de mortalidad, le sigue *L. lecanii* con 26.00 por ciento; estos tratamientos fueron superiores al resto. En tercer lugar y similares estadísticamente entre sí le siguen *B. bassiana* con 24.00 por ciento y *P. fumosoroseus* con 17.33 por ciento de mortalidad promedio, ambos más cerca al testigo que presentó un 14.66 por ciento de mortalidad.

Anexo 18: Análisis estadístico e interpretación de la Etapa 2d: Ensayo de invernadero, efecto residual final, infestación 135 días después de la aplicación de los entomopatógenos, *C. capitata*.

Cuadro A: Cuadrados medios observados en el ANVA, promedio y coeficiente de variabilidad para las variables evaluadas.

Fuente de variabilidad	GL	Porcentaje de mortalidad (*)	GL	Porcentaje de eficacia respecto del Testigo (*)
Tratamientos	4	0.0223 NS	3	0.1519**
Error	10	0.0068	8	0.0073
Total	14	----	11	----
Promedio	----	24.13	----	15.23
C V (%)	----	16.12	----	23.79

(*): Estas variables por ser porcentajes fueron transformadas para realizar el ANVA

*: Con significación estadística en el ANVA; **: con alta significación estadística en el ANVA; **ns**: sin diferencia estadística en el ANVA.

Cuadro B: Promedio de porcentajes de mortalidad y eficacia de los tratamientos en estudio. (tomar los datos del DUNCAN con datos originales).

Porcentaje de mortalidad		Porcentaje de Eficacia		Resultados por PRM Duncan
Tratamientos	Promedio	Tratamientos	Promedio	
Testigo	14.00 B			
<i>B. bassiana</i>	30.00 A	<i>B. bassiana</i>	5.47	B
<i>M. anisopliae</i>	32.00 A	<i>M. anisopliae</i>	39.06	A
<i>P. fumosoroseus</i>	20.66 AB	<i>P. fumosoroseus</i>	3.12	B
<i>L. lecanii</i>	24.00 AB	<i>L. lecanii</i>	13.28	B

¹: Letras iguales en la columna no presentan diferencias estadísticas. PRM de Duncan a probabilidad de 95%.

Interpretación:

Según el Cuadro A, no existe diferencia estadística entre los tratamientos.

Anexo 19: Análisis estadístico e interpretación de la Etapa 3a: Ensayo de campo, efecto Inmediato, iInfestación 1 día después de la aplicación de los entomopatógenos, *A. fraterculus*.

Cuadro A: Cuadrados medios observados en el ANVA, promedio y coeficiente de variabilidad para las variables evaluadas.

Fuente de variabilidad	GL	Porcentaje de mortalidad (*)	GL	Porcentaje de eficacia respecto del Testigo (*)
Tratamientos	7	0.1530**	6	0.1972**
Error	12	0.0048	9	0.0106
Total	19	----	15	----
Promedio	----	59.60	----	50.44
C V (%)	----	7.67	----	13.01

(*): Estas variables por ser porcentajes fueron transformadas para realizar el ANVA

*: Con significación estadística en el ANVA; **: con alta significación estadística en el ANVA; ns: sin diferencia estadística en el ANVA.

Cuadro B: Promedio de porcentajes de mortalidad y eficacia de los tratamientos en estudio. (tomar los datos del DUNCAN con datos originales).

Porcentaje de mortalidad		Porcentaje de Eficacia		Resultados por PRM Duncan
Tratamientos	Promedio	Tratamientos	Promedio	
Testigo	32.00 E			
<i>B. bassiana</i>	46.00 D	<i>B. bassiana</i>	20.58	D
<i>M. anisopliae</i>	89.50 A	<i>M. anisopliae</i>	83.41	A
<i>P. fumosoroseus</i>	55.00 C	<i>P. fumosoroseus</i>	33.82	C
<i>L. lecanii</i>	75.50 B	<i>L. lecanii</i>	63.97	B

¹: Letras iguales en la columna no presentan diferencias estadísticas. PRM de Duncan a probabilidad de 95%.

Interpretación:

Según el Cuadro A, hubo diferencia altamente significativa entre los tratamientos; por lo cual, se hizo la Prueba de Rango Múltiple de Duncan cuyos resultados se presentan en el Cuadro B; donde, siguiendo el comportamiento anterior *M. anisopliae* también es estadísticamente superior al resto de tratamientos con un **89.50** por ciento de mortalidad (83.41 % de eficacia) luego le sigue *L. lecanii* con **75.50** por ciento; estos tratamientos fueron superiores al resto. En tercer lugar le sigue *P. fumosoroseus* con 55.00 por ciento y en cuarto lugar *B. bassiana* con 46.00 por ciento de mortalidad promedio.

Anexo 20: Análisis estadístico e interpretación de la Etapa 3a: Ensayo de campo, efecto Inmediato, infestación 1 día después de la aplicación de los entomopatógenos, *C. capitata*.

Cuadro A: Cuadrados medios observados en el ANVA, promedio y coeficiente de variabilidad para las variables evaluadas.

Fuente de variabilidad	GL	Porcentaje de mortalidad (*)	GL	Porcentaje de eficacia respecto del Testigo (*)
Tratamientos	7	0.1186**	6	0.1434*
Error	12	0.0055	9	0.0156
Total	19	----	15	----
Promedio	----	48.50	----	40.84
C V (%)	----	9.60	----	18.37

(*): Estas variables por ser porcentajes fueron transformadas para realizar el ANVA

*: Con signific. estadística en el ANVA; **: con alta significación estadística en el ANVA; ns: sin diferencia estadística en el ANVA.

Cuadro B: Promedio de porcentajes de mortalidad y eficacia de los tratamientos en estudio. (tomar los datos del DUNCAN con datos originales).

Porcentaje de mortalidad		Porcentaje de Eficacia		Resultados por PRM Duncan
Tratamientos	Promedio	Tratamientos	Promedio	
Testigo	23.50 D			
<i>B. bassiana</i>	37.00 C	<i>B. bassiana</i>	17.64	C
<i>M. anisopliae</i>	77.00 A	<i>M. anisopliae</i>	69.93	A
<i>P. fumosoroseus</i>	44.00 C	<i>P. fumosoroseus</i>	26.79	C
<i>L. lecanii</i>	61.00 B	<i>L. lecanii</i>	49.02	B

¹: Letras iguales en la columna no presentan diferencias estadísticas. PRM de Duncan a probabilidad de 95%.

Interpretación:

Según el Cuadro A, hubo diferencia altamente significativa entre los tratamientos; por lo cual, se hizo la Prueba de Rango Múltiple de Duncan cuyos resultados se presentan en el Cuadro B; donde, siguiendo el comportamiento anterior *M. anisopliae* también es estadísticamente superior al resto de tratamientos con un **77.00** por ciento de mortalidad (69.93 % de eficacia) luego igualmente le sigue *L. lecanii* con **61.00** por ciento; en tercer lugar se tiene a *P. fumosoroseus* conjuntamente con *B. bassiana* similares estadísticamente con 44.00 y 37.00 por ciento de mortalidad promedio respectivamente, aún superiores al testigo.

Anexo 21: Análisis estadístico e interpretación de la Etapa 3b: Ensayo de campo, efecto Residual, infestación 27 días después de la aplicación de los entomopatógenos, *A. fraterculus*.

Cuadro A: Cuadrados medios observados en el ANVA, promedio y coeficiente de variabilidad para las variables evaluadas.

Fuente de variabilidad	GL	Porcentaje de mortalidad (*)	GL	Porcentaje de eficacia respecto del Testigo (*)
Tratamientos	7	0.0818**	6	0.1755**
Error	12	0.0091	9	0.0221
Total	19	----	15	----
Promedio	----	45.60	----	29.54
C V (%)	----	12.83	----	27.51

(*): Estas variables por ser porcentajes fueron transformadas para realizar el ANVA

*: Con significación estadística en el ANVA; **: con alta significación estadística en el ANVA; ns: sin diferencia estadística en el ANVA.

Cuadro B: Promedio de porcentajes de mortalidad y eficacia de los tratamientos en estudio. (tomar los datos del DUNCAN con datos originales).

Porcentaje de mortalidad		Porcentaje de Eficacia		Resultados por PRM Duncan
Tratamientos	Promedio	Tratamientos	Promedio	
Testigo	28.50 B			
<i>B. bassiana</i>	34.00 B	<i>B. bassiana</i>	7.69	B
<i>M. anisopliae</i>	66.00 A	<i>M. anisopliae</i>	51.04	A
<i>P. fumosoroseus</i>	38.00 B	<i>P. fumosoroseus</i>	13.28	B
<i>L. lecanii</i>	61.50 A	<i>L. lecanii</i>	46.15	A

¹: Letras iguales en la columna no presentan diferencias estadísticas. PRM de Duncan a probabilidad de 95%.

Interpretación:

Según el Cuadro A, hubo diferencia altamente significativa entre los tratamientos; por lo cual, se hizo la Prueba de Rango Múltiple de Duncan cuyos resultados se presentan en el Cuadro B; donde, siguiendo el comportamiento general observado *M. anisopliae* es estadísticamente similar a *L. lecanii* habiendo alcanzado promedios de mortalidad de **66,00** y **61.50** por ciento, respectivamente; estos tratamientos fueron superiores al resto. Además, se observó que *P. fumosoroseus*, *B. bassiana* y el testigo fueron estadísticamente similares con 38.00, 34.00 y 28.50 por ciento de mortalidad respectivamente.

Anexo 22: Análisis estadístico e interpretación de la Etapa 3b: Ensayo de campo, efecto Residual, infestación 27 días después de la aplicación de los entomopatógenos, *C. capitata*.

Cuadro A: Cuadrados medios observados en el ANVA, promedio y coeficiente de variabilidad para las variables evaluadas.

Fuente de variabilidad	GL	Porcentaje de mortalidad (*)	GL	Porcentaje de eficacia respecto del Testigo (*)
Tratamientos	7	0.0707**	6	0.0861**
Error	12	0.0069	9	0.0135
Total	19	----	15	----
Promedio	----	47.50	----	36.31
C V (%)	----	10.93	----	18.33

*: Con significación estadística en el ANVA; **: con alta significación estadística en el ANVA; ns: sin diferencia estadística en el ANVA.

Cuadro B: Promedio de porcentajes de mortalidad y eficacia de los tratamientos en estudio. (tomar los datos del DUNCAN con datos originales).

Porcentaje de mortalidad		Porcentaje de Eficacia		Resultados por PRM Duncan
Tratamientos	Promedio	Tratamientos	Promedio	
Testigo	26.00 D			
<i>B. bassiana</i>	46.00 BC	<i>B. bassiana</i>	27.02	BC
<i>M. anisopliae</i>	68.00 A	<i>M. anisopliae</i>	56.75	A
<i>P. fumosoroseus</i>	39.50 C	<i>P. fumosoroseus</i>	18.24	C
<i>L. lecanii</i>	58.00 AB	<i>L. lecanii</i>	43.24	AB

¹: Letras iguales en la columna no presentan diferencias estadísticas. PRM de Duncan a probabilidad de 95%.

Interpretación:

Según el Cuadro A, hubo diferencia altamente significativa entre los tratamientos; por lo cual, se hizo la Prueba de Rango Múltiple de Duncan cuyos resultados se presentan en el Cuadro B; donde finalmente y siguiendo el comportamiento general observado para ambas especies de moscas de la fruta *M. anisopliae* es estadísticamente superior al resto de tratamientos con **68.00** por ciento de mortalidad (56.75 por ciento de eficacia), luego le sigue *L. lecanii* con un comportamiento cercano a *M. anisopliae* con **58.00** por ciento de mortalidad, en tercer lugar está *B. bassiana* cercano a *P. fumosoroseus* con 46.00 y 39.50 por ciento de mortalidad respectivamente; todos los tratamientos fueron superiores al testigo.

Anexo 23: Secuencia de la prueba en laboratorio.



Anexo 24: Secuencia de la prueba en invernadero.



Anexo 25: Secuencia de la prueba en campo.

