



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS VERACRUZ

POSTGRADO EN AGROECOSISTEMAS TROPICALES

**ACTITUD DE PRODUCTORES DE MAÍZ PARA EL USO DE
Metarhizium anisopliae EN EL CONTROL DE *Spodoptera frugiperda*,
CON PROPUESTA DE TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA**

ALÍN MALPICA VÁZQUEZ

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO

DOCTOR EN CIENCIAS

TEPETATES, MANLIO FABIO ALTAMIRANO, VERACRUZ

2019

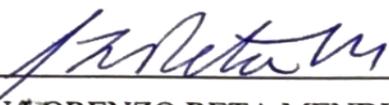
La presente tesis, titulada: **Actitud de productores de maíz para el uso de *Metarhizium anisopliae* en el control de *Spodoptera frugiperda*, con propuesta de transferencia de tecnología**, realizada por el alumno: **Alín Malpica Vázquez**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS
AGROECOSISTEMAS TROPICALES

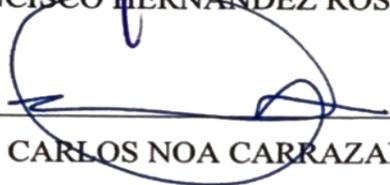
CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO: 
DR. FRANCISCO OSORIO ACOSTA

ASESOR: 
DR. GUSTAVO LÓPEZ ROMERO

ASESOR: 
DR. JUAN LORENZO RETA MENDIOLA

ASESOR: 
DR. FRANCISCO HERNÁNDEZ ROSAS

ASESOR: 
DR. JUAN CARLOS NOA CARRAZANA

Tepetates, M. Fabio Altamirano, Veracruz, México, 20 febrero de 2019

ACTITUD DE PRODUCTORES DE MAÍZ PARA EL USO DE *Metarhizium anisopliae* EN EL CONTROL DE *Spodoptera frugiperda*, CON PROPUESTA DE TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA

Alín Malpica Vázquez, Dr.

Colegio de Postgraduados, 2019

Los objetivos de la presente investigación fueron evaluar la mortalidad de *Spodoptera frugiperda* con tres cepas de *Metarhizium anisopliae*, determinar la actitud de los productores de maíz hacia su uso y plantear una propuesta de transferencia de tecnología a productores de maíz. La mortalidad de *Galleria mellonella* (testigo) y *S. frugiperda* por tres cepas de *M. anisopliae* se evaluó en laboratorio, a concentraciones de 1×10^5 , 1×10^6 , 1×10^7 , 1×10^8 , 1×10^9 y 1×10^{10} esporas/mL. La mortalidad de *S. frugiperda* también se evaluó en campo, y al mismo tiempo se estudió la actitud de los productores de maíz en el uso del hongo, en las comunidades Bandera de Juárez y Las Trancas del municipio de Paso de Ovejas y la comunidad El Cocuite del municipio de Tlalixcoyan, Veracruz. Con base en esta información y apoyada de los enfoques Procesos de Innovación Rural, Modelo de Intervención Social e Investigación Acción Participativa de transferencia de tecnología. La mortalidad total de *G. mellonella* y *S. frugiperda* no presentó diferencias estadísticas ($P > 0.005$) entre cepas y concentraciones de *M. anisopliae*, si se observaron ($P < 0.005$) en el tiempo (días) para causar mortalidad. La mortalidad de *S. frugiperda* en campo fue superior al 70%, lo cual es excelente para un producto biológico. La actitud de los productores de maíz antes de la demostración en campo fue de 3.46 (ni acuerdo, ni desacuerdo) y de 4.65 (totalmente de acuerdo) después de la demostración, lo que indica un cambio positivo para el uso de *M. anisopliae*. Los fundamentos teóricos y conceptuales de los modelos de transferencia son un apoyo para que los investigadores entiendan que la agricultura es un proceso que necesita reinventarse. Así mismo comprender el proceso de adopción de las nuevas tecnologías y respetar los valores culturales de productores, para que con la formación de grupos participativos la adopción de nuevas tecnologías agrícolas sea un proceso menos complicado; todo esto apoyado por el uso de medio de comunicación que ayudaran a acelerar el proceso de difusión.

Palabras clave: Control biológico, entomopatógeno, maíz, transferencia de tecnología.

MAIZE GROWERS ATTITUDE TO *Metarhizium anisopliae* USE FOR *Spodoptera frugiperda* CONTROL, WITH TECHNOLOGY TRANSFER PROPOSAL

Alín Malpica Vázquez, Dr.
Colegio de Postgraduados, 2019

The aims of this research were to evaluate *Spodoptera frugiperda* mortality with three strains of *Metarhizium anisopliae*, determine the maize growers' attitude to its use and raise a technology transference proposal to maize growers. *Galleria mellonella* (control) and *S. frugiperda* mortality was tested under laboratory conditions, using three strains of *M. anisopliae* at 1×10^5 , 1×10^6 , 1×10^7 , 1×10^8 , 1×10^9 y 1×10^{10} spores/mL. *Spodoptera frugiperda* mortality was also evaluated under field conditions, and at same time maize growers' attitude for *M. anisopliae* use was evaluated in Bandera de Juarez and Las Trancas of Paso de Ovejas municipality, and El Cocuite of Tlalixcoyan municipality in Veracruz State. Using this information, and analyzing the rural innovation process, social intervention model and participatory action research models a technology transference approach was proposed. *Galleria mellonella* and *S. frugiperda* mortality was not statistical different ($P > 0.005$) between strains and concentrations of *M. anisopliae*, there was differences in time mortality. *Spodoptera frugiperda* field mortality was over 70%, this is excellent for a biological control product. Maize growers attitude was 3.46 (not agree, nor disagree) before field demonstration and after this, was 4.65 (totally agree), this result showed a positive change to *M. anisopliae* use. The theoretical and conceptual fundamentals of the transference models have to be a support for researchers understanding that agriculture is a reinvention process. At the same time allows the understanding of the new technology adoption process and respect growers cultural values, in order that through participative groups formation the agricultural technologies adoption become a less complicated process; all supported by communication media use to accelerated the diffusion process.

Keywords: Biological control, entomopathogenic, corn, technology transference

DEDICATORIA

A mis padres: Andrea Vázquez Púlido y Joaquín Malpica Olivos.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, porque nunca me dejó solo en este recorrido

Dedico esta tesis a:

Los millones de mexicanos (as) que pagan impuestos, quienes, a través del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y el Colegio de Postgraduados, han financiado parte de mi formación académica.

Las personas integrantes de mi Consejo Particular el Dr. Francisco Osorio Acosta, Dr. Gustavo López Romero, Dr. Juan Lorenzo Reta Mendiola, Dr. Francisco Hernández Rosas y Dr. Juan Carlos Noa Carrazana, por sus valiosos consejos, el esfuerzo, la dedicación, el tiempo y el apoyo que me han brindado, pero sobre todo por la paciencia para conmigo y mis problemas.

A todos mis profesores que aportaron críticas, recomendaciones durante mi estancia en el doctorado, a mis compañeros de generación y amigos con los que compartí cursos, muchas gracias por su amistad, consejos.

A mis familiares por su apoyo incondicional para seguir adelante.

A los productores de maíz de las comunidades Las Trancas y La Bandera de Juárez del municipio de Paso de Ovejas, Veracruz. Así como a los de El Cocuite municipio de Tlaxicoyan, Veracruz por su invaluable apoyo para la realización de las demostraciones en campo y entrevistas.

A toda la comunidad del Campus Veracruz que de forma directa e indirectamente participaron para lograr el objetivo propuesto en esta etapa de mi vida.

A todos muchas gracias.

CONTENIDO

	Página
1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA	2
2.1. Modelos de transferencia de tecnología agrícola.....	2
2.2. Inicios del modelo de transferencia de tecnología.....	5
2.3. Problemas en la adopción de la tecnología agrícola	6
2.4. Características generales de <i>Zea mays</i> L.	7
2.5. Biología y reconocimiento de la especie de <i>Spodoptera frugiperda</i>	7
2.6. Características e importancia de <i>Metarhizium anisopliae</i> Metsch.....	8
2.6.1. Taxonomía de <i>Metarhizium anisopliae</i>	8
2.6.2. Morfología de <i>Metarhizium anisopliae</i>	8
2.6.3. Condiciones favorables para el desarrollo de <i>Metarhizium anisopliae</i>	9
2.6.4. Patogenicidad de <i>Metarhizium anisopliae</i>	10
2.6.5. Mecanismos de acción de hongos entomopatógenos	11
2.6.6. Producción de enzimas de hongos entomopatógenos	12
2.6.7. Empleo de <i>Metarhizium anisopliae</i> en el control de plagas	13
2.7. Importancia de la identificación de cepas nativas mediante la herramienta molecular de PCR.....	14
3. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL	15
3.1. La psicología evolutiva.....	17
3.2. La actitud como concepto en construcción.....	18
3.3. Operacionalización de la actitud.....	20
3.4. Medición de la actitud	21
3.5. Enseñanza pedagógica para los productores.....	24

3.6. Conceptos de importancia en la investigación.....	26
4. PREGUNTAS, HIPÓTESIS Y OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN	28
4.1. Preguntas	28
4.2. Hipótesis	28
4.3. Objetivos.....	28
5. MATERIALES Y MÉTODOS	29
5.1. Obtención de las cepas de <i>Metarhizium anisopliae</i>	29
5.1.1. Velocidad de germinación de <i>Metarhizium anisopliae</i>	29
5.1.2. Desarrollo micelial de <i>Metarhizium anisopliae</i>	30
5.1.3. Producción de conidios de <i>Metarhizium anisopliae</i>	30
5.2. Establecimiento de cría de <i>Galleria mellonella</i> en laboratorio	31
5.3. Obtención de larvas de <i>Spodoptera frugiperda</i>	31
5.4. Bioensayos de <i>Metarhizium anisopliae</i> con <i>Galleria mellonella</i> y <i>Spodoptera frugiperda</i>	32
5.5. Establecimiento de parcelas demostrativas para probar el efecto de <i>Metarhizium anisopliae</i> sobre <i>Spodoptera frugiperda</i>	33
5.5.1. Muestreo de <i>Spodoptera frugiperda</i> en parcelas demostrativas de maíz	34
5.6. Actitud de productores para el uso de bioinsecticidas a base de <i>Metarhizium anisopliae</i> . 35	
5.7. Propuesta del modelo de transferencia de tecnología agrícola	37
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37
6.1. Características biológicas de <i>Metarhizium anisopliae</i>	37
6.1.1 Porcentaje de germinación de <i>Metarhizium anisopliae</i>	37
6.1.2. Desarrollo micelial de <i>Metarhizium anisopliae</i>	38
6.1.3. Producción de conidios de <i>Metarhizium anisopliae</i>	40
6.2. Pruebas de efectividad de <i>Metarhizium anisopliae</i> con <i>Galleria mellonella</i>	41

6.3. Pruebas de mortalidad de <i>Spodoptera frugiperda</i> con <i>Metarhizium anisopliae</i>	46
6.4. Mortalidad de <i>Spodoptera frugiperda</i> por <i>Metarhizium anisopliae</i> en campo	52
6.5. Actitud de productores para el uso de bioinsecticidas a base de <i>Metarhizium anisopliae</i> .	53
6.6. Propuesta del modelo de transferencia de tecnología agrícola.....	58
6.6.1. Fundamento teórico de los enfoques Procesos de Innovación Rural, Investigación Acción Participativa y Modelos de Intervención Social	58
6.6.2. Análisis, contrastación y resultados positivos de los enfoques.....	60
6.6.3. Limitaciones de los tres enfoques participativos.....	655
6.6.4. Propuesta del modelo participativo de transferencia de tecnología agrícola.....	66
7. CONCLUSIONES	68
8. LITERATURA CITADA	69
9. ANEXOS	- 88 -
9.1. Tríptico informativo sobre el uso de <i>Metarhizium anisopliae</i> para productores de maíz.....	- 88 -
9.2. Cuestionario para valorar la actitud de productores de maíz sobre el uso de <i>Metarhizium anisopliae</i>	- 90 -

LISTA DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Producción de conidios de tres cepas de <i>Metarhizium anisopliae</i>	40
Cuadro 2. Valores de R ² de la mortalidad de <i>Galleria mellonella</i> por <i>Metarhizium anisopliae</i>	44
Cuadro 3. Mortalidad de <i>Galleria mellonella</i> en el área bajo la curva.....	46
Cuadro 4. Valores de R ² de la mortalidad de <i>Spodoptera frugiperda</i> por <i>Metarhizium anisopliae</i>	49
Cuadro 5. Mortalidad de <i>Spodoptera frugiperda</i> en el área bajo la curva.....	50
Cuadro 6. Porcentaje de mortalidad en campo de <i>Spodoptera frugiperda</i> en los municipios de Paso de Ovejas y Tlalixcoyan.....	52
Cuadro 7. Actitud de los productores antes y después de la demostración y plática en campo hacia el uso de <i>Metarhizium anisopliae</i> para el control de <i>Spodoptera frugiperda</i>	55
Cuadro 8. Correlación de la edad de los productores con la actitud antes y después de la demostración en campo.....	55
Cuadro 9. Correlación de la escolaridad de los productores con la actitud antes y después de la demostración en campo.....	56
Cuadro 10. Comparación del costo de los productos químicos contra los formulados a base de <i>Metarhizium anisopliae</i>	57

LISTA FIGURAS

	Página
Figura 1. Localización geográfica de las parcelas donde se aplicó <i>Metarhizium anisopliae</i> contra el gusano cogollero del maíz en la zona centro del estado de Veracruz, México.....	34
Figura 2. Dinámica del porcentaje de germinación de esporas en horas de tres cepas (Ma25, Ma28 y Mamc) de <i>Metarhizium anisopliae</i>	38
Figura 3. Crecimiento micelial (mm) durante 18 días de tres cepas (Ma25, Ma28 y Mamc) de <i>Metarhizium anisopliae</i>	39
Figura 4. Mortalidad de <i>Galleria mellonella</i> por las cepas Ma25, Ma28 y Mamc de <i>Metarhizium anisopliae</i> , a concentraciones de: (A) 1×10^{10} , (B) 1×10^9 , (C) 1×10^8 , (D) 1×10^7 , (E) 1×10^6 y (F) 1×10^5 esporas/mL.....	42
Figura 5. Mortalidad de <i>Spodoptera frugiperda</i> por las cepas Ma25, Ma28 y Mamc de <i>Metarhizium anisopliae</i> , a concentraciones de: (A) 1×10^{10} , (B) 1×10^9 , (C) 1×10^8 , (D) 1×10^7 , (E) 1×10^6 y (F) 1×10^5 esporas/mL.....	48

1. INTRODUCCIÓN

El gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* J. E. Smith) es una plaga importante en el cultivo del maíz. El daño severo lo ocasiona en estado de larva, debido a que se alimenta del follaje de las plantas (Casmuz *et al.*, 2010); el perjuicio frecuente en las plantas se presenta cuando éstas tienen de 40-60 cm de altura. Por lo tanto, las mermas en producción de maíz en México se han registrado entre 0.8%-100% (Del Rincón-Castro *et al.*, 2006). Por su parte, los productores han usado insecticidas químicos como Spinetoram 100 mL/ha, dimetoxifenoide 200 ml/ha y clorpirifos + permetrina 1 L/ha (García y Tarango, 2009) de manera indiscriminada para el control del gusano cogollero, con lo que han ocasionado problemas ambientales en mantos freáticos, suelo, aire y agresión a la flora y fauna circundante; así mismo se ha favorecido la resistencia de la plaga (Zamora *et al.*, 2008), hacia los ingredientes activos de plaguicidas.

Con el incremento del 15% en el precio de los insecticidas en los últimos 10 años, se ha reducido de 3 a 2.3 millones el número de productores dedicados a este cultivo (Nadal y Wise, 2005; Robles, 2013; Secretaría de Economía, 2019) y con ello se ha afectado la producción de maíz. Por otro lado, en la búsqueda de minimizar los costos de producción, resistencia de plagas, así como el impacto negativo al ambiente, se ha recurrido al uso del control biológico, como es el empleo de hongos entomopatógenos (Li *et al.*, 2010; Yáñez y France 2010; De Azevedo *et al.*, 2019; Srinivasan *et al.*, 2019). Por la reducida oferta de productos biológicos en el mercado y deficiente asesoría es difícil hacer uso de éstos productos en diversos cultivos (Tamez *et al.*, 2001; García-Gutiérrez y González-Maldonado, 2013). *Metarhizium anisopliae* (Metsh.) tiene un amplio espectro de control contra *S. frugiperda*, sin embargo solo se han realizado bioensayos a nivel laboratorio, donde se ha encontrado que este organismo fúngico presenta patogenicidad y virulencia contra este insecto (Freed *et al.*, 2012; Petlamul y Prasertsan, 2012). Por lo que se plantea su uso a nivel de campo y la adopción por los productores de maíz.

Para favorecer el proceso de adopción de bioinsecticidas es necesario hacer uso de enfoques, como: el de intervención social, procesos de innovación rural e investigación acción participativa (Salazar y Rosabal, 2007; Cadena-Iñiguez *et al.*, 2010; Greenwood, 2000). De igual manera que incluya técnicas de cómo trabajar con la gente como son las entrevistas, talleres participativos,

diagnósticos participativos, intercambio de saberes, parcelas demostrativas o diálogo con los actores. Así como el aprovechamiento de las experiencias de éxito para incrementar la probabilidad de la adopción de la tecnología del bioinsecticida, como es el uso de *M. anisopliae* para el control del gusano cogollero del maíz, en la región centro del estado de Veracruz.

Debido a que no existen estudios detallados de la virulencia y patogenicidad en cepas de *M. anisopliae* en *S. frugiperda* del maíz. También a que no se ha elaborado un modelo para la transferencia de bioinsecticidas con productores de maíz. El presente estudio tiene como objetivo evaluar la efectividad de *Metarhizium anisopliae* para el control de *Spodoptera frugiperda* y con base en ésta valorar la actitud de los productores de maíz para su uso. Además de generar una propuesta para la transferencia de tecnología del bioinsecticidas a base de *M. anisopliae* para el control de *S. frugiperda* a productores de maíz.

La efectividad de *M. anisopliae* para el control del gusano cogollero generará una actitud positiva de los productores de maíz, con lo que se podría adoptar de manera eficiente el uso del bioinsecticida a base del hongo en la región central de Veracruz. Además de minimizar los impactos negativos al ambiente, cuidar la salud de las familias de productores, así como la flora y fauna circundante. Todo lo cual se puede elevar la producción de maíz a nivel estatal y nacional.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Modelos de transferencia de tecnología agrícola

La transferencia de tecnología agrícola tiene como finalidad maximizar la eficiencia económica y competitividad de la agricultura en el mercado, así como proveer bienestar social en los productores. En cuanto a la forma de presentar lo novedoso e innovador es un proceso complejo que integra la transmisión, adquisición, asimilación y difusión de la nueva tecnología en productores innovadores (Caetano y Mendoza, 1992).

Existen diversos modelos que utilizan metodologías de enseñanza y aprendizaje para transmitir la información de nueva tecnología a los usuarios (Gómez y Rodríguez, 2007). Por ejemplo Navarro

(2005), indica que el modelo de adopción de Rogers, propuesto en 1995 y que se caracteriza por presentar un componente de enseñanza aprendizaje, describe que el proceso de adopción sigue la forma de campana de Gauss (distribución normal) que empieza con los innovadores, que equivalen al 2.5%, seguido por los adoptadores tempranos que figuran con un 13.5%, la mayoría temprana que representan el 34% y finalmente con los adoptadores tardíos con el 16%.

Por lo que se refiere al modelo de transferencia de tecnología CP, propuesto por Martínez en 1998, se fundamenta en la teoría difusionista que pone énfasis en la comunicación de la información, de tal manera que los mensajes sean claros y concisos para inducir en el productor el ensayo y uso de la nueva tecnología. Este modelo está conformado por cinco etapas, la primera consiste en un diagnóstico donde la finalidad es conocer el estado actual del fenómeno que se intenta estudiar. La segunda etapa consiste en instalar un medio que permita mostrar al productor la nueva tecnología, el cual puede ser una parcela demostrativa, modulo demostrativo, entre otros. La tercera es la prueba de tecnología que su fin es cambiar la actitud en los productores. La cuarta es el cambio del comportamiento del productor a través del convencimiento en el uso de la nueva tecnología y finalmente, la adopción de la nueva tecnología.

Castro *et al.* (2008) describen cinco modelos de transferencia de tecnología: El primer modelo llamado de empuje de la ciencia (Science push), sustenta que los avances científicos son los que provocan la transferencia de conocimiento, debido a que aportan los conocimientos necesarios para el desarrollo de las aplicaciones tecnológicas y la posterior inserción al mercado. Para este modelo la innovación ocurre en un proceso lineal, el cual inicia con la investigación básica y termina con su lanzamiento al mercado. A su vez, el origen de este modelo se relaciona con el informe Science the endless frontier de Vannervar Bush en 1945 al presidente Roosevelt, donde ponía de manifiesto la importancia de la ciencia en el desarrollo económico de EE.UU.

Incluso, este modelo orientó las políticas y tecnologías de países que conforman la OCDE durante décadas. Además, suponía en el ámbito político que, si el gobierno financia las actividades de investigación básica, la cadena continuaría hasta la aplicación de los conocimientos en las actividades productivas. Asimismo, generaría los beneficios en la salud, seguridad nacional y en la riqueza económica del país.

El segundo modelo llamado “Tirón de la demanda”, manifiesta que la transferencia de conocimiento se genera como respuesta a una necesidad insatisfecha. Esta teoría fue liderada por Schmookler (1966), donde se menciona que el origen de las innovaciones tecnológicas surge debido al deseo de satisfacer las necesidades de los usuarios. Por su parte, Dosi (1982) apoya la posibilidad de conocer *a priori* la dirección en la que el mercado destinará el producto nuevo; también, los movimientos de los precios relativos y las cantidades demandadas son señales de aceptación por parte del mercado.

El tercer modelo conocido como de diseminación, se planteó porque se producen transferencias de conocimientos no planeadas, pero si son conscientes (Devine *et al.*, 1987). Este modelo implica el empleo de un mecanismo adecuado de difusión del conocimiento para que sea efectivo a los usuarios potenciales. De acuerdo a Moncada-Paternò-Castello *et al.* (2003), existen dos determinantes para que la difusión del conocimiento sea eficaz, la primera donde el conocimiento tradicional es incongruente en el contenido, calendario, forma y modos de difusión. Mientras que la segunda es la manera en la que se trasmite el conocimiento, sin embargo su difusión no es garantía de uso. La debilidad principal de este modelo, es que los usuarios potenciales no participan en la selección de la información a transferir y en la producción del conocimiento.

En referencia al cuarto modelo, llamado de interacción, alude que el uso del conocimiento depende de interacciones de manera aleatoria surgidas entre investigadores y usuarios, y no por causa de las secuencias lineales iniciadas por las necesidades entre ambos. En este sentido, los defensores de este modelo indican que mientras más intensas sean las interacciones entre los investigadores y usuarios, es más probable la utilización del conocimiento. Entonces, es necesario tener en cuenta la manifestación de estas relaciones en las etapas de producción, diseminación, y utilización del conocimiento (Castro-Martínez *et al.*, 2001).

En cambio, las diferencias culturales entre los interesados pueden afectar la comunicación, estructura y organización en la transferencia del conocimiento (Castro-Martínez *et al.*, 2001). Así mismo, este modelo tiene su origen en los modelos del proceso de innovación (Kline y Rosenberg, 1986). Por otro lado, el análisis de complejidades sirve como soporte en la investigación más desarrollo, facilitando las relaciones de ciencia, tecnología, economía y sociedad.

En lo que respecta al quinto modelo conocido como de la triple hélice (Etzkowitz y Leydersdorff, 2000), éste toma una forma de espiral de la innovación que capta relaciones recíprocas de la parte pública, privada y académica en diferentes niveles de capitalización del conocimiento, que forman diferentes maneras de colaboración entre unidades pertenecientes. En este modelo se favorece el análisis de los actores, los procesos (Bozeman, 2000), el contenido, la forma, y posibilidades de comercialización de lo que se transfiere, que incluye al conocimiento científico, mecanismos tecnológicos, técnicas, procesos, saber hacer y gestión (Siegel *et al.*, 2004). De igual manera, éste modelo recomienda el uso de la promoción para la gestión de financiación, materiales informativos como los manuales de procedimientos, documentos estandarizados y apoyo de la transferencia de tecnología (Lavis *et al.*, 2003; Jacobson *et al.*, 2004).

Por su parte, Fernández *et al.* (2000) y Polt *et al.* (2001) sugieren que debe realizarse un marco jurídico-legislativo que regule las relaciones a nivel institucional y planes estratégicos, donde se incorpore como objetivo las interacciones entre los agentes académicos y socioeconómicos. Así como una oferta de capacidad científica sólida, atractiva y de calidad; incentivos económicos y de promoción académica, que permitan elevar el interés personal y proyección profesional derivada de las actividades de transferencia.

Además, de normas que habiliten las relaciones de servicios de apoyo en la investigación, para optimizar el tiempo de la distribución de actividades. Así como la inserción de políticas públicas en el proceso de estos modelos (Geiger y Sá, 2005). Entre los factores que obstaculizan la transferencia de tecnología están los aspectos culturales, ya que éstos propician su éxito o fracaso (Cloutier, 2003; Ferlie y Wood, 2003).

2.2. Inicios del modelo de transferencia de tecnología

El intercambio de conocimiento entre investigadores y productores, se empieza a estudiar en la década de los 70s en los Estados Unidos con Kurt Lewin y más tarde con Fols Borda. Este último autor funda una escuela para su estudio, que a través de la investigación acción participativa inicia un enfoque en el cual es posible entender la relevancia de la conexión entre el conocimiento del científico y la experiencia del productor. Respecto a esta dialéctica de intercambio de saberes se

incita al productor a descubrir su mundo, disminuyendo la ignorancia, desarrollando liderazgo de su propio destino, propiciando desarrollo de conciencia crítica (Greenwood, 2000). De ahí que da como resultado la humanización en los individuos (Rahman y Fals, 1992).

2.3. Problemas en la adopción de la tecnología agrícola

Algunos fracasos de la adopción de tecnología agrícola en México, se debe especialmente a que en su planteamiento y diseño no toman en cuenta las necesidades reales de los productores; por lo tanto la planificación participativa tampoco se realiza. Aunado a la diversidad de las condiciones geográficas, culturales, económicas en las que viven los productores, que influyen notablemente en la adopción (Muñoz-Rodríguez y Altamirano-Cárdenas, 2008). Así mismo, la escasa asistencia técnica entre los canales de comunicación, técnicos y productores, genera una falta de compromiso en el seguimiento de los proyectos productivos, y el desinterés de los productores propiciando el abandono de los proyectos.

Los problemas en la adopción no solo dependen del productor, por ejemplo influye el uso inadecuado de recursos y las limitaciones, como la falta de personal capacitado y burocracia administrativa, que obstaculiza el flujo de recursos económicos. Así como, la presión social y la inestabilidad institucional, por los cambios de gobierno que inician con la sustitución de directores y la desarticulación de las estructuras organizativas con lo que modifican los planes de desarrollo regional y por ende, los programas y métodos de trabajo, imposibilitando su continuidad (Kaimowitz y Vartanián, 1990). Además, la debilidad de coordinación entre las instituciones de investigación y de extensión, que limitan la continuidad de la vinculación del sector productivo y la investigación (Trigo y Kaimowitz, 1994).

Un factor importante son los extensionistas, en relación a su compromiso de trabajo, conocimiento de las necesidades del productor en cada región y de la rentabilidad de nuevas técnicas. Por lo que, la planificación y las evaluaciones deben considerar la calidad de las actividades y su cumplimiento, aumento de los rendimientos, dominio de temas específicos y el uso de nuevas técnicas, por parte del productor (Kaimowitz y Vartanián, 1990).

2.4. Características generales de *Zea mays* L.

El maíz (*Zea mays* L.) pertenece a la familia de las gramíneas, se caracteriza por presentar tallo grueso, hojas largas, planas y puntiagudas, flores masculinas en racimos terminales y femeninas en espigas axilares resguardadas por una vaina, con una altura entre uno a tres metros y de ciclo anual. Es el cereal con el mayor volumen de producción a nivel mundial, superior al trigo y al arroz (Wise, 2008). Es originario de América Tropical, considerándose a México como centro de origen. Su fruto, son mazorcas con granos gruesos generalmente de color blanco, aunque existen variedades que presentan gran diversidad de colores; además, su composición es altamente nutritiva para la alimentación humana y animal. Con los granos, se realizan diversos productos como tortillas a partir del nixtamal, harinas, formulaciones de alimentos para animales, etc. (Trigo y Montenegro, 2002).

2.5. Biología y reconocimiento de la especie de *Spodoptera frugiperda*

El gusano cogollero es la larva de la palomilla nocturna *Spodoptera frugiperda*, que ataca el tallo, hojas de plantas de maíz, sorgo y arroz, en menor grado hortalizas y algodón. Esta plaga de origen tropical ataca las siembras tardías en costas y regiones cálidas de riego. El ataque disminuye al entrar las lluvias o al alcanzar las plantas un metro de altura (Romero *et al.*, 2010).

Las palomillas son de color café grisáceo con dibujos oscuros, ovipositan masas de huevecillos cubiertas por pelos en las hojas. Donde nacen pequeñas larvas grises de cabeza negra que se alimentan en grupo de una hoja y, a medida que crecen se devoran entre sí hasta que solo queda una, la cual es de color café claro, con líneas longitudinales café oscuro o casi negro. Cuando la planta de maíz tiene alrededor de un metro de altura, se refugia en el cogollo, ya en el interior se alimenta de la hoja tierna ocasionando orificios que es el daño peculiar de esta plaga. El daño persiste hasta que la planta es adulta atacando espigas y las partes tiernas del elote (Rizzo y La Rossa, 1993).

El daño grave de esta plaga se presenta en las plantas pequeñas, que algunas veces son afectadas severamente, llegando a morir o retrasar su crecimiento (Barón y Ángulo, 2003). En cuanto a la

producción de grano, ésta disminuye entre 10 y 100%, en ocasiones se pierde el cultivo total (Cazmus *et al.*, 2010).

2.6. Características e importancia de *Metarhizium anisopliae* Metsch

Este hongo inicialmente se conoció como muscadina verde, es de los más estudiados debido a su potencial como entomopatógeno, existen reportes que ataca a más de 200 especies de insectos de diferentes órdenes, incluyendo plagas de importancia agrícola (Ignoffo, 1988). De acuerdo a Tulloch (1976), el potencial de este hongo como controlador de plagas fue propuesto por Metschnikoff en 1879 y Krassiltschik en 1988, quienes lo utilizaron para el control de la plaga del trigo, *Anisopliae austriaca* y larvas de *Punctiventris germ* en la remolacha. Este hongo es cosmopolita, tiene efectividad en diferentes hospederos y alta capacidad de adaptación a diferentes condiciones ambientales. Sus unidades básicas de reproducción son los conidios, siendo a la vez los propágulos infecciosos (Zimmermann, 2007; Brunner-Mendoza *et al.*, 2019).

2.6.1. Taxonomía de *Metarhizium anisopliae*

Pertenece al Reino: Fungi, División: Eumycotina, Subdivisión: Deuteromycotina, Clase Deuteromycetes, Orden: Moniliales, Familia: Moniliaceae, Género: *Metarhizium*, Especie: *Metarhizium anisopliae* (Metsch Sorokin) (Zimmermann, 2007).

2.6.2. Morfología de *Metarhizium anisopliae*

Forma conidióforos simples o agregados, posee conidios alargados, ovoides o cilíndricos que están dispuestos en cadenas, originados de conidióforos en forma de botella. Los conidios cuando son jóvenes presentan color blanco, al madurar se tornan de color verde olivo. Su micelio es septado donde aparecen los característicos conidióforos agrupados sobre un extremo globoso. Las fiálides se observan en palizadas en forma cilíndrica, aplastada en la base, los conidios se disponen en cadenas compactas paralelas que se forman en cada conidióforo; son cilíndricos, unicelulares y de dimensiones variables, se generan por empuje, el más joven es el de la base (Guerrero *et al.*, 1999). Por su parte, Tulloch (1976) y Rombach *et al.* (1987) reconocieron dos variedades de este hongo:

La variedad *anisopliae* de conidios pequeños (3.5-9.0 μ , generalmente 5.0-8.0 μ) y la variedad *M. mayor* de conidios grandes (9.1-18.0 μ , generalmente 10-14 μ).

2.6.3. Condiciones favorables para el desarrollo de *Metarhizium anisopliae*

Los principales factores ambientales que afectan la eficiencia de los hongos entomopatógenos como agentes de control biológico son: humedad relativa (HR), temperatura y radiación solar. La HR, es un factor de gran importancia, tanto para el hospedante como para el patógeno, tiene efecto sobre la germinación de la espora y penetración del tubo germinativo; la mayor germinación de las esporas ocurre al 100% de HR y disminuye a 0% con el 85% de HR (Hajek y Leger, 1994; Motta-Delgado y Murcia-Ordoñez, 2011).

Así mismo la temperatura puede afectar la estabilidad de los patógenos en el almacenamiento, durante las aplicaciones en campo y en su ocurrencia natural en el agroecosistema. Los entomopatógenos no poseen condiciones biológicas para defenderse de variaciones de temperatura. El rango favorable varía entre 20 y 30 °C, sin embargo, existe una temperatura ideal para cada patógeno y para cada fase del ciclo en relación con su hospedante. La temperatura inapropiada puede afectar la germinación de esporas, desarrollo, penetración del tubo germinativo, la colonización y reproducción. Los requerimientos térmicos de los hongos entomopatógenos son variables en función de la especie, cepa y fase de desarrollo. El desarrollo de las enfermedades fúngicas en los insectos puede ser perjudicado por temperaturas superiores a 30 °C (Lecuona, 1995).

Las esporas de hongos entomopatógenos germinan a temperaturas entre 15-35 °C; siendo el rango óptimo de 25-30 °C, y se requieren cuatro días para la esporulación de *M. anisopliae*. La esporulación es inhibida a temperaturas inferiores de 10 °C y superiores a 35 °C. Para tal efecto la radiación solar, juega un papel determinante, sobre todo en la ocurrencia de las enfermedades, por lo que la luz visible con sus diferentes longitudes de onda, fotoperiodo y baja de luz ultravioleta puede actuar como germicida (Lecuona, 1995). La exposición de los conidios de los patógenos a la luz ultravioleta puede ser letal (Alves, 1998; Grijalba *et al.*, 2009)), mientras que el crecimiento y esporulación de los hongos es retrasado por la radiación solar, así mismo la nubosidad tiene un

papel importante en el desarrollo de las epizootias. En lo referente al suelo, los hongos entomopatógenos pueden vivir en éste por periodos variables. Por su parte *M. anisopliae* después de parasitar insectos puede permanecer colonizando el cadáver por un periodo relativamente largo a la espera de un nuevo hospedante. La mayor parte de sus conidios difícilmente conseguirán sobrevivir por más de tres meses en los diferentes tipos de suelo (Jaramillo *et al.*, 2015).

En lo que respecta a la interacción con los agroquímicos y su efecto sobre los entomopatógenos, su susceptibilidad puede variar de acuerdo con el grupo y cepa del patógeno, así como la naturaleza química del producto y la dosis empleada (Alves, 1986; Lecuona, 1995).

2.6.4. Patogenicidad de *Metarhizium anisopliae*

Entre las características más importantes de las cepas de los hongos entomopatógenos se encuentra la patogenicidad, la cual se define como la capacidad de infectar, invadir y multiplicarse en un ser vivo, produciendo síntomas (enfermedad) en huéspedes susceptibles (Rivera y Pinto, 2011). Mientras que la virulencia se define como el grado de patogenicidad de un serotipo, es decir, de una cepa de hongo entomopatógeno en un huésped susceptible como es el caso de *S. frugiperda*, se mide como la dosis letal media (Bustillo y Marín, 2002). Entre los hongos, comercialmente destacan *Beauveria bassiana* para Coleópteros, *Verticillium lecanii* para áfidos, moscas blancas y tisanópteros, *Metarhizium anisopliae* en homópteros. Ésta última especie se caracteriza porque presenta un alto contenido de aminopeptidasas e hidrofobina, que favorecen la acción de enzimas extracelulares sobre la cutícula del insecto.

Sin embargo, se han encontrado esterasas y proteasas en conidios no germinados, lo que sugiere una modificación de la superficie cuticular previa a la germinación, ya que durante la hidratación la espina no solo absorbe agua, sino también nutrientes (Díaz *et al.*, 2006; Moon y Mun, 2017; Zimmermann, 2007). La patogenicidad en *M. anisopliae* sobre insectos, depende de una compleja relación entre la habilidad del hongo para germinar y penetrar la cutícula y del sistema inmunológico del insecto para prevenir el crecimiento fúngico. Es por ello que los aislamientos de una misma especie pueden presentar diferentes características de crecimiento y patogenicidad en otro orden de insectos. Se ha reportado que el hongo tiene patogenicidad para 204 especies de

insectos, pertenecientes a 43 familias, las ordenes más representativas son Ortóptera, Dermáptera, Hemíptera, Lepidóptera, Hymenóptera, Coleóptera y Homóptera (Carrillo-Rayas y Blanco-Labra, 2009; Área, 2001).

2.6.5. Mecanismos de acción de hongos entomopatógenos

La pared celular de los hongos está constituida por polisacáridos (80%), proteínas (3-20%), lípidos, pigmentos y sales inorgánicas en cantidades menores. En la pared celular ocurren cambios durante las diferentes etapas de desarrollo de los hongos, los cuales suceden durante el ensamblaje de los componentes celulares como polisacáridos microfibrilares, la asociación de polisacáridos de reforzamiento y de complejos de proteínas (glicoproteínas) (Hajek y Leger, 1994; Pucheta, *et al.*, 2006).

Los hongos entomopatógenos inician su proceso infectivo en los insectos hospederos cuando las esporas viables son retenidas por contacto en la superficie del integumento. Éstas cuando se encuentran en un espacio propicio para establecer la asociación patógeno-hospedero, forman tubos germinativos y a veces el apresorio, que facilitarán la invasión del hongo. Se ha sugerido que iones divalentes del Ca^{+2} y el Mg^{+2} reducen las fuerzas de repulsión electrostática de la superficie del insecto, por lo que pueden afectar su hidrofobicidad y promover la adhesión a la pared celular fúngica-cutícula, creando condiciones favorables para el establecimiento de la espora y la invasión del hospedero (Barnes y Moore, 1997).

La germinación de la espora se inicia con su hinchamiento, cuando existe la humedad alta (70% por 14h); la germinación es disparada por mensajeros químicos, gracias a los carbohidratos presentes en las proteínas cuticulares del insecto. La hidratación de la espora es favorecida por la acción antidesecante de su cubierta mucilaginosa, que además funciona como protector ante la presencia de polifenoles tóxicos y enzimas secretadas por el sistema inmune del insecto. En el caso de *M. anisopliae* presenta contenido alto de aminopeptidasas e hidrofobina, que favorecen la acción de enzimas extracelulares sobre la cutícula del insecto. Sin embargo, se han encontrado esterasas y proteasas en conidios no germinados, lo que sugiere una modificación de la superficie

cuticular previa a la germinación, ya que durante la hidratación la espora no solo absorbe agua, sino también nutrientes (Díaz *et al.*, 2006; Moon y Mun, 2017).

Después del hinchamiento de la espora, se forma el tubo germinativo mediante el proceso de polarización apical de los hongos, que estimula la síntesis de la pared celular. Los iones H^+ y Ca^{2+} entran en la punta de la hifa a través de un mecanismo de transporte pasivo y son expulsados por mecanismos dependientes de energía. Este flujo transcelular es constante, además mantiene el desarrollo del tubo germinativo y la formación del apresorio. El tubo germinativo rastrea y reconoce la superficie del insecto para la localización de sitios receptores, habilitando a la hifa para la penetración en la cutícula. El apresorio sirve para el anclaje de la espora y ejerce una presión hacia el interior del insecto. Al mismo tiempo, el hongo excreta enzimas como proteasas, quitinasas, quitobiasas, lipasas, lipooxigenasas y otras hidrolíticas, que degradan la cutícula y proporcionan nutrientes al hongo (Harold, 1999; Moon y Mun, 2017).

2.6.6. Producción de enzimas de hongos entomopatógenos

Una vez dentro del insecto, el hongo forma cuerpos hifales secundarios, que se ramifican en la procutícula conformada de fibrillas lameladas de quitina, embebidas en una matriz proteínica que actúa como cubierta física protectora ante las secreciones extracelulares del patógeno. Posteriormente, los cuerpos hifales se encuentran con la capa epidérmica y con su respectiva membrana basal y se diseminan a través del hemocele. Invadiendo estructuras como tejidos musculares, cuerpos grasos, tubos de Malpighi, mitocondrias, hemocitos, retículo endoplásmico y membrana nuclear (Díaz *et al.*, 2006; Moon y Mun, 2017; Zimmermann, 2007).

Cuando se agotan los nutrientes, el hongo inicia un crecimiento micelial invadiendo todos los órganos del hospedero. Por su parte las hifas penetran la cutícula desde el interior del insecto y emergen a la superficie iniciando la formación de esporas cuando la humedad relativa es favorable (Téllez-Jurado *et al.*, 2009).

Cabe destacar que en el hongo al penetrar queda inmerso en proteínas, quitina, lípidos, melanina, difenoles y carbohidratos; algunos de estos pueden inhibir su crecimiento, debido a que el insecto

activa su sistema inmune a través de procesos como la melanización, fagocitosis, nodulación y encapsulamiento. Sin embargo, los hongos desarrollan actividades que les permiten evadir este tipo de defensas, realizan cambios en la pared celular y producción de sustancias inmunomoduladoras (Carrillo-Rayas y Blanco-Labra, 2009).

Se han reportado metabolitos secundarios de bajo peso molecular que han sido aislados de patógenos de insectos, los cuales han demostrado poseer una actividad insecticida marginal. Varias especies de hongos entomopatógenos son capaces de producir ácido oxálico que es coadyuvante de la solubilización de la proteína cuticular, el ácido 2,6-piridindicarboxílico que posee propiedades insecticidas, toxinas peptídicas cíclicas y lineales, las eniatinas aisladas, destruxinas inhiben la síntesis de ADN, ARN y de proteínas en las células de los insectos. Además de inhibir la secreción de fluidos por el tubo de Malpighi, la dimetildextruxina y la protodextruxina está relacionada con la virulencia (Pucheta *et al.*, 2006).

2.6.7. Empleo de *Metarhizium anisopliae* en el control de plagas

En la actualidad se han realizado numerosas investigaciones con hongos entomopatógenos y sus organismos susceptibles a nivel laboratorio, han sido plagas de diversos cultivos del sector pecuario (Moon y Mun, 2017). A continuación, se mencionan algunos estudios realizados con este microorganismo, los cuales están organizados de manera cronológica en función del año de publicación.

Se calcula que *M. anisopliae* se aplica en alrededor de 200, 000 ha en hortalizas y otros cultivos. Pero es necesario realizar investigaciones de estos bioinsecticidas y diseñar estrategias de mercado (Tamez *et al.*, 2001; Alatorre-Rosas y Hernández-Rosas, 2015). Se valoró el efecto de *M. anisopliae* en *Zullia villior* y *Aeneolamia lepilior* en pastizal de *Brachiaria ruziziensis*, con tres aplicaciones mensuales encontrando control sobre los adultos de salivazo (Thompson y González, 2005). También se evaluaron cepas de *M. anisopliae* var. *Acridum* sobre *Rhammatocerus pictus* (grillo), resultó que el 72% de las cepas provocaron mortalidad por encima del 70%, entre 4, 5, 7 y 9 días (Rodríguez y Lecuona, 2002). En un estudio realizado en Costa Rica para probar la infección en *Diatrea* spp (lepidóptero) por *M. anisopliae* con dosis de 2.5 a 5×10^{12} esporas/ha, con

la aplicación por 8 años (1989-1996), en total se aplicaron 3, 246 kg en 9,106 ha, el parasitismo varió de 10-70% (García, 1993; Alatorre-Rosas y Hernández-Rosas, 2015).

Se han realizado tratamientos con *M. anisopliae* utilizando la concentración de 1×10^{12} conidios/ha en *S. frugiperda* a nivel laboratorio, se obtuvo la disminución de 5.8% de índice de daño en la planta (Lezama *et al.*, 2005). También se aplicó la concentración de 27.7×10^6 conidios/mL sobre *Atta cephalotes* se obtuvo la mortalidad del 100% al sexto día (Lemus *et al.*, 2008). Es importante resaltar que existen numerosos estudios donde se han empleado otros hongos entomopatógenos en otras plagas.

2.7. Importancia de la identificación de cepas nativas mediante la herramienta molecular de PCR

La identificación mediante la vía molecular radica en que las poblaciones de organismos tienen pequeñas variaciones en su genoma y son guardados en los nucleótidos, que pueden estar ocultas o manifestarse, donde las características son observables en el fenotipo. Este resultado es conocido como polimorfismo, estas mutaciones son el resultado del efecto del medio ambiente en el organismo a través del tiempo. Es así como estas diferencias permiten identificar a los organismos de una población específica, cepa, etc. (Dávila *et al.*, 2001; Zambrano *et al.*, 2002).

En las dos últimas décadas se han usado de manera exitosa las moléculas de ADN mitocondrial como herramienta molecular para identificación de las relaciones filogenéticas entre especies en organismos, entre ellos los hongos (Hillis *et al.*, 1996; Leger *et al.*, 1986; Gao *et al.*, 2011; Bustillos-Rodríguez *et al.*, 2015). Su importancia radica en que el ADN mt es un genoma pequeño que lleva su propia tasa evolutiva en relación con el genoma (Dávila *et al.*, 2001). Por lo que este tipo de ADN se ha empleado para la determinación de relaciones taxonómicas y filogenéticas entre los grupos de organismos eucarióticos que poseen dicho organelo. Donde las características distintivas son el reducido tamaño, alta tasa evolutiva, la falta de bases metiladas, alto contenido de residuos adenina-timina (AT), el ser molécula haploide donde la mayoría de sus alelos poseen la misma función y regiones universalmente conservadas en su genoma (Burns *et al.*, 1991).

Con base en lo anterior, los investigadores se valen de técnicas moleculares con cebadores específicos para la identificación de secuencias, como es el PCR (Reacción en Cadena de la

Polimerasa). Esta técnica utiliza la síntesis "*in vitro*" de secuencias específicas de ADN, para detectar las variaciones indicadas. El PCR es una forma simple y rápida para multiplicar el ADN presente en diferentes muestras biológicas, con la cual se obtienen millones de copias de una secuencia de ADN en particular (García-Pereyra *et al.*, 2014).

La técnica de PCR tiene varias etapas, inicia por la desnaturalización del ADN, siendo necesario que se encuentre en forma de cadena sencilla. Mediante el sometimiento a temperaturas de 90 a 95°C se producen la rotura de los puentes de hidrógeno, originando la separación de ambas cadenas. Después la alineación de oligonucleótidos se realiza cuando el ADN está desnaturalizado, entonces se disminuye la temperatura (T_m , "melting temperature") entre 40 y los 60°C para dar la unión de los "*primers*" a las secuencias flanqueantes del fragmento que se va a amplificar. Su especificidad depende de las características y naturaleza de éste (Guerrero *et al.*, 2000).

Por último, en la extensión se utiliza una enzima comercial, la Taq polimerasa, la cual incorpora nucleótidos en el extremo 3' del "*primer*" utilizando como molde la cadena de ADN a la temperatura de 72°C donde alcanza su máxima actividad por 20 segundos para fragmentos menores de 500 pb, y 40 segundos para los mayores a 1.2Kb. Cuando se logra la amplificación del ADN, los fragmentos resultantes son separados en función de su tamaño por medio de electroforesis. Donde estos migran hacia el cátodo o ánodo (electrodos – y +), por la combinación de su carga, peso molecular y estructura tridimensional. Posteriormente las bandas son teñidas y fotografiadas para su identificación a nivel de especie o variedad (Fontecha *et al.*, 2011).

3. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

El estudio de las conductas sociales, surgen de dos posturas epistemológicas, la primera es la del racionalismo que de acuerdo a Platón supuso que el conocimiento era innato, cuando el individuo crecía, éste se actualizaba en forma de aprendizaje. Esta postura fue apoyada más tarde por Descartes y Darwin principalmente, quienes fundamentaron la razón, para explicar fenómenos relacionados con el comportamiento humano (Gutiérrez, 2005).

La segunda es el empirismo, que, de acuerdo a Aristóteles, es quien admite que la experiencia es la base de todo posible conocimiento. Sus representantes modernos son Locke, Hume y Berkeley que formaron el asociacionismo en el siglo XVII y XVIII. A su vez en el siglo XIX los hedonistas lo consolidaron a un enfoque positivista, siendo su objetivo el de controlar la naturaleza y la mente humana para cambiar el mundo (Mead, 1934).

Después dio lugar al pragmatismo que presentó amplias repercusiones en todos los campos científicos incluyendo a la psicología (Mead, 1934; James, 1907). Es decir, se percibe a un mundo mecanicista, donde el ser humano es capacitado para desarrollar actividades desde una postura automática. Por su parte en el ámbito de la psicología social, ahora se busca el control total de la conducta humana.

De acuerdo con Mead (1934), Wundt creó la psicología como disciplina científica y alcanzó su nivel experimental en 1879. Además, para inicios del siglo XX este movimiento intelectual dio origen a una disciplina científica independiente a partir del laboratorio experimental, donde estudia la experiencia inmediata y la observable del ser humano. A su vez, sus objetos de estudio eran los procesos psíquicos y de pensamientos (sensaciones, imágenes, sentimientos). Sin embargo, pronto empezaría su desprestigio en la comunidad científica ante la evidencia de su subjetividad de los estudios realizados.

Posteriormente, surge el mentalismo, en su segunda etapa el conductismo sentó las bases objetivas (observables) del aprendizaje conductual humano. Es decir, los mecanismos por los que se establecen las conexiones entre estímulos y respuestas de los individuos. En esta etapa el movimiento epistemológico tuvo poca apertura sobre la madurez del conocimiento en su desarrollo ontogénico (Anderson y Bower, 1973).

Después del poco apoyo y aumento en el descontento en la comunidad científica surge el cognitivismo (Mowrer, 1956). El nuevo asociacionismo (neo- asociacionismo) estuvo ligado al nacimiento y desarrollo de ordenadores, así como a las posibilidades de simular la mente humana, surgiendo el enfoque del procesamiento de la información, para posteriormente realizar modelos de redes de memoria (Quilliam, 1969).

3.1. La psicología evolutiva

Con el fin de estudiar la génesis y desarrollo del funcionalismo psicológico y conductual humano, se ha generado unión del orden cuantitativo y cualitativo moldeando su especialización. Es así como se llega al desarrollo social afectivo y cognitivo que engloba el organismo, donde la investigación se realiza desde el carácter longitudinal que integra los dominios psicobiológico, cognitivo, social y contextual del ser humano (Coll, 1979; Correa y Ruíz, 2008).

A su vez, los padres de los enfoques evolutivos como Piaget y Vygotsky, se caracterizaron por su énfasis diferencial en lo individual y lo social, donde la unidad del cognitivo, afectivo y social gobierna y conjuga los distintos planos de la conducta (Vielma y Salas, 2000). Las técnicas más empleadas han sido las entrevistas, test, a partir de Gesell quien mejoró los procedimientos de observación a través de soportes técnicos como la filmación de películas que sirvieron para conocer patrones normativos sobre la mente y el conocimiento en niños (Gutiérrez, 2005). Este mismo autor indica que en 1883, Stanley Hall inició las investigaciones de tipo estadístico con estudios transversales masivos basados en cuestionarios e incluso introdujo en EE.UU el método de los cuestionarios que conoció en Alemania como alumno de Wundt, donde realizó estudios de las mentes infantiles de 200 niños.

Los datos proporcionados por los cuestionarios, así como los estudios biográficos generaron un avance cuantitativo del conocimiento sobre el desarrollo de los niños. Por cierto, el francés Alfred Binet (1857-1911) y el americano James Mark Baldwin (1861-1934) generaron el punto de vista constructivista sobre el desarrollo cognitivo (Gutiérrez, 2005).

Gutiérrez (2005) indica que Binet en 1905 desarrolló la primera escala de inteligencia, dicho instrumento permitía evaluar y cuantificar las diferencias en el desarrollo cognitivo de los individuos en función de su edad mental. A su vez, él pensaba que la evaluación debía hacerse a través de los procesos complejos de la imaginación, memoria, razonamiento y en relación a los valores adaptativos del individuo. Para constituir su rigor científico, los científicos tuvieron que disponer de técnicas metodológicas que sustentaran su especialización (Heberlein, 1989). En

cuanto a algunas aportaciones como ciencia, han sido la comprensión del comportamiento de grupos sociales, establecimiento de metas y objetivos en programas de desarrollo social.

De acuerdo a lo anterior, el comportamiento humano está interrelacionado con el entorno natural y familiar, por lo que la psicología evolutiva (disciplina de las ciencias sociales) ayuda a comprender los procesos de la conducta en los seres humanos, y al mismo tiempo los procesos de adopción de tecnologías agrícolas, así como las razones por lo que no se adoptan y sus éxitos.

3.2. La actitud como concepto en construcción

La actitud como concepto forma parte de los temas clásicos que buscan entender y comprender el comportamiento de grupos de individuos en la sociedad. En este sentido, su estudio se remonta a la segunda y tercera década del siglo XX. A su vez, las áreas sociales que más lo emplean son la Psicología social y Sociología. Este concepto está en constante construcción a través del tiempo, y las diversas disciplinas en las ciencias sociales lo han reestructurado (Vázquez y Manassero, 1995). A continuación se enlistan algunas definiciones del concepto, de acuerdo a una línea en el tiempo:

Allport (1974) definió a la actitud “como el estado mental o neuronal de disposición (readiness), organizado mediante la experiencia, que ejerce una influencia directiva o dinámica sobre la respuesta del individuo a todos los objetivos o situaciones con los que está relacionado”. También, Sherif *et al.* (1965) la definen como las posiciones que la persona adopta y aprueba respecto a objetos, asuntos controvertidos, personas, grupos o instituciones.

Igualmente, Rokeach (1980) menciona que es una orientación o disposición aprendida hacia un objeto o situación, que proporciona una tendencia a responder de manera favorable o desfavorable hacia el objeto o situación. El aprendizaje puede no estar basado en la experiencia personal, sino que puede adquirirse a través de aprendizaje observacional e identificación. A su vez, Rodríguez (2012) señala que la actitud es una organización duradera de creencias y cogniciones, dotada de una carga afectiva a favor o en contra de un objeto definido.

Para Eagly y Chaiken (1993) la actitud “es una tendencia psicológica que se expresa evaluando una entidad particular con algún grado de agrado o desagrado; una tendencia psicológica se refiere a un estado interior de la persona y evaluar se refiere a todos los tipos de respuestas de la evaluación, explícitas o implícitas, cognitivas, afectivas o conductuales. Wander (1994) la define como “una tendencia o predisposición adquirida y relativamente duradera, a evaluar de determinado modo a una persona, suceso o situación y actuar en consonancia con dicha evaluación”.

Wittaker (1979) la considera como un constructo que explica una buena parte de la conducta humana, además indica que es un medio para predecir esa conducta y modificarla. De acuerdo a éste autor se pueden distinguir tres características: 1) la evaluación de la reacción efectiva hacia un objeto; 2) una disposición para actuar de cierto modo y 3) componente cognoscitivo que asigna una categoría al objeto de actitud.

Para Casas (1999) es “una organización de creencias interrelacionadas, relativamente duradera, que describe, evalúa y recomienda una determinada acción con respecto a un objeto o situación, siendo así que cada creencia tiene componentes cognitivos, afectivos y de conducta”. Nieto *et al.* (2002), la define como el estado de disposición psicológica, adquirida y organizada a través de la propia experiencia que incita al individuo a reaccionar de una manera característica frente a determinadas personas, objetos o situaciones.

Klineberg (1998) menciona que los estudios de la actitud deben ser complementados con la información de acuerdo al comportamiento que se evalúa. Es decir, se deben integrar los contrastes geográficos, niveles económicos, educativos, género, ocupación, demandas políticas y efectos negativos que impactan sus cultivos (Bonfil, 1991).

Para el presente estudio se utilizó el concepto propuesto por Ferreira (2009), que la define como la predisposición adquirida para actuar selectivamente y conducirse de determinada manera en la interacción social. Esto ocurre con base en tres componentes: el cognitivo, afectivo y normativo.

Por lo que respecta al componente cognitivo, se refiere al conjunto de creencias y opiniones que el sujeto posee sobre el objeto de actitud y a la información que se tiene sobre el mismo (Torres y Díaz, 2012). A su vez el afectivo, alude a los sentimientos de agrado o desagrado hacia el objeto (McGuire, 1968). Asimismo, el normativo, hace referencia a las tendencias, disposiciones o intenciones conductuales ante el objeto de actitud (Rosenberg, 1960; Breckler, 1984).

Las investigaciones sobre la actitud con el uso del control biológico de plagas agrícolas, están fundamentadas en las relaciones sociedad-agroecosistemas, y la predisposición por parte de los productores para incidir en el diseño de estrategias para el control de insectos. En lo que se refiere a la teorización interna del objeto de estudio sobre el mundo real y el mundo percibido, está en función del grupo social estudiado (Lazos y Paré, 2000).

3.3. Operacionalización de la actitud

La operacionalización de las variables es un proceso que consta de la transformación de la abstracción a una manera factible de observar la realidad, mediante la definición de indicadores. A su vez, ésta sirve al investigador para interpretar los resultados obtenidos de la investigación (Blanco, 2000).

Para Padua *et al.* (1979), la operacionalización es “el pasaje de las dimensiones a los indicadores”. Mientras que para Hernández *et al.* (2003) dicho proceso permite el paso de los conceptos abstractos a los indicadores empíricos. Por su parte Cazau (2002), menciona que es el proceso que permite establecer las dimensiones e indicadores que resultan relevantes para la variable.

Por su parte los indicadores surgen de la descomposición de cada una de las dimensiones de la variable. Es decir, éstos deben ser observables, identificables, concretos y específicos ya que a partir de ellos, se redactan los ítems o reactivos de los instrumentos. Por su parte Padua *et al.* (1979), menciona que los indicadores “son ya las preguntas concretas del instrumento”. El instrumento puede ser un cuestionario en el cual se plasman las variables en preguntas que cubren todos los aspectos de la variable estudiada. Este puede incluir preguntas abiertas o cerradas, dependiendo de la información que se requiera (Arribas, 2004).

3.4. Medición de la actitud

En cuanto a la forma de evaluar, ha sido tema de debate por más de cuarenta años, debido a implicaciones de tipo ético, moral y social. Por lo que, algunos estudiosos han tenido que interpretar las evaluaciones de manera concienzuda para evitar problemáticas (Messick, 1989). La medición de la escala se relaciona con la naturaleza, evidencias, significado e interpretación de los resultados del estudio en cuestión. Es importante destacar, que los resultados representan parte del contexto social en el que se desenvuelven los individuos (Sabater, 1981). En la actualidad existen diferentes escalas para medir las actitudes sociales, que se han utilizado en los trabajos de Guttman, Likert, Thurstone, Rimoldi, Devan, Lack y Torgenson (Nunnally y Bernstein, 1995).

La puntuación está basada en respuestas que dan las personas, a una serie de afirmaciones o preguntas de un tema en particular. También se conoce como una variable unidimensional, que arroja el conocimiento, comportamiento y la intensidad de la respuesta. En otras palabras, la medición consiste en cinco afirmaciones: (5) indica totalmente de acuerdo; (4) de acuerdo; (3) ni acuerdo, ni desacuerdo; (2) en desacuerdo y (1) totalmente en desacuerdo (Hernández *et al.*, 1991).

Finalmente, la actitud por su naturaleza subjetiva es difícil de observarla, por lo tanto, es necesario que el investigador haga uso de una mentalidad abierta, así como observar expresiones conductuales del sujeto entrevistado. Es más, debe registrar la sensibilidad y sistematicidad del instrumento poniendo énfasis en el componente afectivo (Blanco y Alvarado, 2005).

La transferencia de la tecnología agrícola no ha sido exitosa porque, de acuerdo a críticos, existe un rezago cultural en América Latina, éste se remonta a un antecedente histórico, que parte desde la colonización, donde la corona española implantó el paternalismo. A su vez, mencionan que los países conquistados por españoles tienen rezago social, económico, tecnológico; mientras que los conquistados por ingleses tienen una agricultura y economía desarrollada (Bordenave, 1983).

Los pueblos conquistados por españoles generalmente se ubicaron cerca del mar, mientras que los conquistados por ingleses se ubicaron tierra adentro. Es más, a través de luchas frecuentes con los indígenas nativos construyendo sus fronteras, ciudades, aprendieron a valorizar su trabajo agrícola,

tierras y animales. Debido a todos estos procesos sociales, en la actualidad tienen infraestructura social, económica, política y tecnológica desarrollada, así como una alta calidad de vida. Mientras que los otros, tienen deficiente estructura económica, política y tecnológica, además de alto nivel de analfabetismo, lo que les impide propiciar un desarrollo personal, grupal y de territorio. Así como gestionar proyectos de desarrollo social (Moog, 1981).

Por consiguiente, en lo que se refiere al factor económico, los conquistados por españoles, hacen de la capitalización de la agricultura un proceso productivo que proviene de la diferencia entre el costo de producción y la renta recibida por la venta del producto. En cambio, la agricultura norteamericana, es el resultado de la diferencia entre el costo y la renta, que depende de los rendimientos obtenidos y de los precios recibidos (Trigo y Kaimowitz, 1994).

En el aspecto político, en la mayoría de los países latinos no existe el apoyo necesario para desarrollar una agricultura encaminada a la importación y exportación de sus productos. Tampoco existe el control del proceso de urbanización, que responda a las necesidades de la industria y los servicios derivados. El productor como institución necesita asesoría por parte de universidades, centros de investigación, asistencia técnica, seguro agrícola, extensionismo rural, así como de instituciones encargadas de normalizar precios, diseño de imagen corporativa de productos, embalajes, mercado seguro, etc. (Aguirre, 2012).

Recientemente, en América Latina se inició la generación de tecnología especializada al sistema de producción del pequeño productor, la cual debe poseer al menos dos tipos de adecuación: debe estar contextualizada al entorno social y congruente a los recursos naturales a la cual se aplica (Cáceres, 1995). A su vez, entre sus características debe tener un costo económico accesible para propiciar la facilidad de adquisición, elaborarlas a partir de material local, generación de empleos justos, aumentar el uso en el mayor número posible de productores, aplicación de fuentes de energías renovables, reducción de pagos a consultores y técnicos, y que sea aplicada en diversos cultivos (Díaz, 1983).

De acuerdo a Rogers (1995) la tecnología apropiada al pequeño productor debe contar con: Ventaja relativa, donde una nueva práctica debe ser superior a la que está en uso. Debe ser menos costosa

y de mayor rendimiento. Debe ser compatible con las experiencias pasadas. Debe respetar las normas y valores culturales del campesino. En cuanto a la complejidad de la nueva tecnología, de acuerdo al Comité Sociológico Rural Centro-Norte de los EUA (Lionberger, 1960) propuso que, los cambios en materiales y equipamiento no deben alterar las técnicas y operaciones, como ejemplo es la introducción de una nueva variedad de semilla.

Otros cambios que se pueden realizar son cambios en las operaciones con o sin modificaciones en los materiales y equipamientos, ejemplo cambio en la rotación de cultivos. Cambio total de la empresa, como es la sustitución de la agricultura por la pecuaria. La divisibilidad, que puede ser aplicada en pequeñas partes, como es el tractor. Comunicabilidad, debe contar con la facilidad para ser descrita y difundida a otros productores (Díaz, 1983).

Complementariedad es la facilidad de adoptar varias prácticas como parte de un conjunto, ejemplo de ello son los paquetes tecnológicos, lo cual reduce costos, la introducción de gallinas de razas especializadas, las cuales consumen menos raciones, minimizando costos de producción (Giles, 1966).

Actualmente más de la mitad de los alimentos que se consumen en las zonas urbanas, provienen de zonas rurales, que generalmente los generan productores de escasa tecnología agrícola. En este sentido, tan solo con aumentar la producción en un 5%, la obtención de alimentos tendría un alza significativa; sin embargo, es difícil lograr debido a la carencia de tecnologías apropiadas, además de factores complejos de índole social y económico en los que se desenvuelven los productores (Banco Mundial, 2007).

Con respecto a los plaguicidas, éstos se han venido usando desde inicios de los años 50s en los países con alta producción agrícola. Éstos han ocasionado 355,000 accidentes laborales mortales en el personal que los utiliza (Ramírez y Vilchez, 1997). Por otro lado, cada año mueren al menos 170, 000 obreros agrícolas por causas relacionadas con el desconocimiento de su uso y la falta de medidas de seguridad (Salmahe *et al.*, 2003). Asimismo, las víctimas han sido agricultores de subsistencia y bajo nivel educativo; los síntomas más comunes por intoxicación son el vómito,

mareos, visión borrosa, debilidad, dolor de cabeza, temblor en la carne, salivación, diarrea, dolor de estómago, sudoración y calambres.

Por lo que es necesario aplicar a la agricultura otros métodos de control, los cuales sean amigables con el ambiente, además que no perjudiquen la salud de quienes lo aplican. Además, la sociedad actual cada día demanda alimentos inocuos. Así mismo en la actualidad existen diversas tecnologías eficientes en control de plagas agrícolas, tales como los entomopatógenos, especialmente hongos (Badii y Abreu, 2006). Donde éstos tienen la particularidad de ser baratos y controlan las plagas sin llegar a provocar el daño económico. Por lo que también representan una opción viable en el control de plagas en cultivos básicos. Pero el mayor esfuerzo no radica precisamente en generar tecnologías eficientes, sino cómo hacer que los productores puedan adueñarse de ellas, para lo cual existe toda una enseñanza y metodologías participativas que ayudan a que se dé ese proceso (Rodríguez *et al.*, 2009).

La actitud se mide por medio de procedimientos auto-informes como son la observación de conductas, reacciones a determinados estímulos estructurados, el rendimiento objetivo del sujeto y respuestas fisiológicas. Además, de medidas auto-informes como las escalas: Thurstone, Guttman, Likert. Éstas sirven para realizar estudios relacionados con necesidades psicológicas como función del conocimiento, instrumental, ego-depresiva, valórico-expresiva y ajuste social (Ubillos *et al.*, 2004).

En lo referente al presente trabajo, se usó la escala de Likert que consistió operacionalizar el concepto de actitud y de ahí se derivaron afirmaciones; donde los sujetos entrevistados indicaron su agrado de acuerdo-desacuerdo, en una serie de cinco afirmaciones.

3.5. Enseñanza pedagógica para los productores

En lo que se refiere a los factores pedagógicos, son aquellos procesos involucrados en la enseñanza-aprendizaje de las tecnologías a productores, que consideran apropiadas en sus sistemas de producción. Estas metodologías tienen una base epistemológica y teórica, que son determinadas

por ideologías, clases sociales y el tiempo. Estos procesos reciben distintos nombres: campaña, día de campo, curso, etc. (Embrater, 1979).

Se ha utilizado la pedagogía de transmisión, la cual parte de la premisa de que las ideas y conocimientos es lo más importante de la educación, por lo que la experiencia es fundamental para que el alumno alcance sus objetivos. Además, el docente regularmente proporciona material informativo al alumno. Por el contrario, algunas consecuencias negativas de esta pedagogía es el hábito de memorizar, falta de problematización de la realidad, exceso de información, falta de participación grupal, sumisión a la dominación y al colonialismo, sustento de la división de *status quo*. Además, esta pedagogía no apoya al desarrollo de la transformación de las estructuras, crecimiento pleno personal y grupal (Díaz, 1983).

En cuanto a la pedagogía del condicionamiento, pone énfasis en los resultados de comportamiento, es decir, las manifestaciones empíricas y operacionales del cambio de conocimientos, actitudes y destrezas. Por otro lado, se centra en el modelo de Shaping de la conducta, mediante un juego eficiente de estímulos y recompensas, capaz de condicionar al aprendiz a emitir respuestas deseadas. Algunas consecuencias individuales y grupales es que el alumno emite las respuestas que desean, eficiencia del aprendizaje de datos y procesos, no problematiza la realidad. Incluso, el alumno no tiene la oportunidad de crítica, tendencia al individualismo, poca originalidad, a nivel grupal tendencia a la robotización, ausencia de la dialéctica emisor-receptor, dependencia extranjera de programas, equipos y métodos, tendencia a la conformidad. Por lo que, esta metodología está diseñada para los alumnos que han presentado el proceso de problematización y actitud crítica (Díaz, 1983).

La pedagogía de la problematización parte de la base donde los conocimientos y las ideas no es lo importante, lo que se persigue es que los alumnos detecten los problemas reales y busquen soluciones creativas y originales; por lo que, la capacidad que debe desarrollarse, es el plantearse preguntas relevantes. Por lo tanto, se enfatiza que los alumnos observen la realidad de lo global y estructural, detecten recursos, identifiquen problemas y obstáculos en el uso eficiente y equitativo de los recursos. Así como localizar las tecnologías apropiadas, encontrar formas de organizar y acción colectiva, siendo el trabajo grupal de suma trascendencia (Díaz, 1983).

Esta pedagogía de la problematización apoya a los productores para que a partir de cuestionamientos ellos puedan descubrir problemáticas complejas en su entorno, para que con el apoyo de programas se planteen soluciones viables, con base en sus características. Las innovaciones deben ser accesibles y eficientes, para que puedan ser adoptadas por los productores jóvenes.

3.6. Conceptos de importancia en la investigación

Algunos conceptos básicos utilizados en la presente investigación son los siguientes:

Plaga: Es un animal, planta, microorganismo, aumenta de densidad hasta niveles anormales y con ello afectando de manera directa o indirecta la especie humana, ya sea perjudicando su salud, comodidad, construcciones o predios agrícolas, forestales, ganaderos, de los que el ser humano obtiene alimentos, forrajes, textiles, madera, etc. (Brechelt, 2010). También son especies fitófagas que disminuyen las cosechas, que aumentan los costos, causan deterioro al valor del producto cosechado (Aguilar, 1980). Las plagas de igual manera pueden clasificarse de acuerdo a su movilidad y aparición como, secundarias, ocasionales, migratorias, directas e indirectas.

Modelo: De acuerdo a Deaton y Winebrake (2012) un modelo es la representación más sencilla de cualquier objeto en la naturaleza, es la entidad que representa de manera simplificada las principales características de composición de abstracción. Se caracteriza por ser incompleto y sirve para sistematizar, sintetizar, evaluar hipótesis, así como los escenarios de un sistema. Por lo tanto, la modelación y la simulación pueden presentar propuestas en las cuales se puedan notar los efectos en manejo de plagas de acuerdo con la manipulación de variables, obteniendo la simulación del escenario de la efectividad biológica en la plaga. A través de la herramienta de la simulación y modelación se puede conocer el funcionamiento en el diseño de agroecosistemas.

Difusión tecnológica: se define como la integración a la empresa de conocimiento o tecnologías ya existentes e implementadas en el mundo y el mercado (Ministerio de Economía, Fomento, y Turismo, División de Innovación, 2010). Este mismo autor define a la transferencia tecnológica es la integración de conocimiento o tecnología nueva para el mundo o mercado.

Transferencia de tecnología agrícola, es un proceso de innovación rural, basado en la transmisión recíproca de conocimiento (tecnológico y empírico) así como la generación, adecuación, modificación, uso y adopción de tecnología que integra al productor como actor principal, técnicos e instituciones con la finalidad de impulsar el desarrollo agrícola regional (Molero 2008; Aceytuno y Cáceres, 2012).

La transferencia de tecnología es un proceso que incluye a la transmisión de técnicas como herramientas, conocimientos y a un contexto estructural donde la técnica es operacional (Gil, 2000).

Transferencia de tecnología, es un proceso de adquisición de la capacidad tecnológica del exterior. Incluye tres etapas 1) la transferencia de tecnologías existentes para producir bienes y servicios específicos, 2) la asimilación y difusión de esas tecnologías en la economía receptora y 3) el desarrollo de la capacidad nacional de innovación (Huss, 1991).

Control biológico artificial se define como el control de una plaga de interés para el hombre por enemigos naturales introducidos, como parásitos, predadores y patógenos (Aguilar, 1980).

Es así como la innovación tecnológica se caracteriza por ofrecer insumos nuevos y eficientes, que hacen detonar el fortalecimiento, la competitividad y sustentabilidad de la producción en el sector agrícola. En ocasiones el Estado juega el papel de ser el primer promotor de difusión a los productores, cooperativas y asociaciones bajo el esquema de subsidios por tiempo determinado, que generalmente inician y finalizan con el sexenio en curso. Así el impacto es mínimo y a veces nulo en la adopción de la transferencia de tecnología, debido a la ausencia de conocimiento de las necesidades por parte de los productores, como la diversidad climática, social, cultural y económica (Gaxiola, 2000). Además, otras fallas importantes que corresponden a los desarrolladores de nuevas tecnologías, es la carencia en la consideración de aspectos de tipo social como hábitos, costumbres e idiosincrasia de los productores.

4. PREGUNTAS, HIPÓTESIS Y OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN

4.1. Preguntas

¿Cuál es la mortalidad de *Spodoptera frugiperda* por la infección de tres cepas de *Metarhizium anisopliae*?

¿Cuál es la actitud de los productores de maíz hacia la aplicación de *Metarhizium anisopliae* para el control de *Spodoptera frugiperda*?

¿Cuál es la propuesta de transferencia de tecnología, para la creación de grupos de trabajo que permitan el desarrollo personal y grupal de los productores de maíz, que surge del análisis de tres modelos de transferencia de tecnología agrícola?

4.2. Hipótesis

La mortalidad de *Spodoptera frugiperda* por la infección de tres cepas de *Metarhizium anisopliae* es similar.

La actitud de los productores de maíz hacia el uso de *Metarhizium anisopliae* está en función de la mortalidad que ejerce sobre *Spodoptera frugiperda*.

La propuesta de transferencia de tecnología para la creación de grupos de trabajo que permitan el desarrollo personal y grupal de los productores de maíz, debe incluir agentes políticos y los diversos medios de comunicación, además de la evaluación de indicadores económicos, tecnológicos y sociales.

4.3. Objetivos

Evaluar la mortalidad de *Spodoptera frugiperda* por la infección de tres cepas de *Metarhizium anisopliae*.

Determinar la actitud de los productores de maíz hacia el uso de *Metarhizium anisopliae* con base en la mortalidad de *Spodoptera frugiperda*.

Plantear una propuesta de transferencia de tecnología para la creación de grupos de trabajo que permitan el desarrollo personal y grupal de los productores de maíz, con base en el análisis de tres modelos de transferencia de tecnología agrícola.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Obtención de las cepas de *Metarhizium anisopliae*

Se utilizaron tres cepas (Ma25, Ma28 y Mamc) de *Metarhizium anisopliae*, donadas por el Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica A.C. (IPICYT). Las secuencias de ADN se encuentran en la página National Center for Bioechnology Information, con claves de identificación: JX624255.1, MH859069.1, MH483862 para la cepa Ma25, Ma28 y Mamc, respectivamente.

5.1.1. Velocidad de germinación de *Metarhizium anisopliae*

Se basó en la técnica propuesta por Ming-Guang *et al.* (1990). Para la cual, se utilizaron cajas Petri con medio de cultivo papa dextrosa agar (PDA), se prepararon tres réplicas por cepa y se realizaron seis lecturas de 100 conidios por repetición.

Del medio de cultivo se tomaron discos de 0.5 cm de diámetro con un sacabocado, seis de ellos se colocaron en un portaobjetos para cada cepa. En cada una de éstas se puso una alícuota de esporas a una concentración de 5×10^6 conidios/mL de cada aislamiento de 15 días de edad y se cubrió cada rodaje con un cubreobjetos estéril.

Posteriormente, los montajes se incubaron a $28 \pm 1^\circ\text{C}$ en una estufa marca Riosa®. Las lecturas se tomaron a las cuatro, cinco, seis, siete, ocho, nueve y 10 horas de incubación, o hasta que cada

cepa alcanzó el 90% de germinación. Se consideraron conidios germinados cuando el tubo germinativo alcanzó la longitud de la mitad del tamaño del conidio. Para conocer la diferencia estadística entre los tratamientos, se realizó ANOVA en el paquete estadístico R Studio versión 1.1.447.

5.1.2. Desarrollo micelial de *Metarhizium anisopliae*

Se utilizó el método descrito por Lopez-Llorca y Carbonell (1999). En el centro de cajas Petri de 90 mm de diámetro con medio PDA, se colocó un fragmento de 5x5 mm de micelio de tres días de edad. Las placas se incubaron en una estufa Riosa® a $28 \pm 1^\circ\text{C}$. Se realizaron seis réplicas por cepa. El radio de la colonia se midió diariamente mediante dos radios horizontales y uno vertical (previamente dibujados en el reverso de la caja Petri). La medición se hizo durante 18 días y las medidas del último día fueron las que se utilizaron para el análisis estadístico. Se realizaron pruebas (ANOVA) bajo un diseño experimental completamente al azar en el paquete estadístico R Studio versión 1.1.447.

5.1.3. Producción de conidios de *Metarhizium anisopliae*

Para conocer el número de conidios producidos por cepa, se preparó una suspensión de 1×10^6 conidios/mL de cada cepa de cultivos de 15 días de edad en PDA, se sembraron 20 μL de la suspensión y se distribuyeron homogéneamente con la ayuda de una varilla de vidrio en forma de L, se incubaron a $28^\circ \pm 1^\circ\text{C}$ en la estufa marca Riosa® por 15 días. Después de este tiempo se recuperaron los nuevos conidios mediante agua destilada estéril más Tween 80 al 0.1%. Con un agitador magnético de la marca Cimerec® la suspensión de conidios se agitó por 10 minutos para homogenizarla y con la cámara de Neubauer se estimó el total de conidios producidos. Para realizar la estimación se utilizó la fórmula de Lipa y Slizynski (1973) en unidades de conidios/mL. Para cada cepa se establecieron seis repeticiones. Los datos fueron sometidos a un análisis de varianza bajo un diseño completamente al azar en el paquete estadístico R Studio versión 1.1.447.

5.2. Establecimiento de cría de *Galleria mellonella* en laboratorio

Las larvas de *Galleria mellonella* (L) fueron donadas por el Centro Nacional de Referencia de Control Biológico, Tecomán, Colima, México y el establecimiento de la cría se efectuó siguiendo las especificaciones propuestas por Woodring y Kaya (1988). La dieta artificial para larvas y adultos se elaboró con 300 g de harina de arroz, 37.5 g de salvado de trigo, 77.5 mL de miel de abeja, 75 g de levadura y 150 mL de glicerina. Para su preparación, se pesó el salvado de trigo, se colocó en vaso de precipitado y se esterilizó a 1.5 libras de presión, por 15 minutos en autoclave vertical. Por otro lado, se calentó la miel y la glicerina en un vaso de precipitado de 500 ml hasta alcanzar el punto de ebullición en un agitador magnético marca Cimerec®. Posteriormente, en una bandeja de plástico, se mezclaron el salvado de trigo, la harina de arroz y levadura de cerveza y la mezcla caliente de la miel y la glicerina. Una vez realizada la mezcla, se guardó en refrigeración para su uso posterior.

Para la reproducción de las larvas se colocaron 20 adultos en frascos de un litro que contenían la dieta hasta la mitad de su capacidad, a las tapas de los frascos se les hicieron perforaciones pequeñas para permitir el intercambio de aire. Se incubaron en un cuarto con temperatura de $28 \pm 1^\circ\text{C}$, con un fotoperiodo de 12:12 horas (luz:oscuridad). Después de 18 días aproximadamente se convirtieron en adultos. Posteriormente, se depositaron 20 adultos en nuevos frascos con la dieta hasta la tercera parte de su capacidad, se incubaron a la misma temperatura y fotoperiodo indicada, hasta obtener larvas de los diferentes estadios y así de manera periódica para tener siempre larvas disponibles. Cuando se obtuvieron larvas del primer instar, se colocaron en un nuevo frasco para incrementar su número para realizar los bioensayos con el hongo *M. anisopliae*. La colonia de *G. mellonella* se incubó en un cuarto a la temperatura $30 \pm 2^\circ\text{C}$.

5.3. Obtención de larvas de *Spodoptera frugiperda*

Las larvas de *S. frugiperda* se recolectaron en cultivos de maíz en la comunidad La Bandera de Juárez, Municipio de Paso de Ovejas, Veracruz, México. Se identificaron mediante claves dicotómicas, además de las claves ilustradas para larvas de Noctúidos de importancia económica

(Caballero *et al.*, 1994). Para su alimentación, se les proporcionó un cm² de hoja de maíz previamente desinfectada al 0.5% con hipoclorito de sodio y lavadas tres veces con agua destilada estéril. Para la instalación del experimento, las larvas de *S. frugiperda* se depositaron de manera individual en vasos de plástico de 3.6 x 3.7 cm² con orificios en la tapa para permitir el intercambio de aire.

5.4. Bioensayos de *Metarhizium anisopliae* con *Galleria mellonella* y *Spodoptera frugiperda*

Para conocer la mortalidad causada por el hongo se hicieron pruebas preliminares con larvas de *G. mellonella* y posteriormente con larvas de *S. frugiperda* para lo cual se utilizó la metodología propuesta por González *et al.* (1993). Las esporas se obtuvieron de colonias de *M. anisopliae*, de 15 días de crecimiento, por medio de un raspado del medio de cultivo con un asa bacteriológica, el raspado se colocó en un vaso de precipitado estéril con 10 mL de Tween 80 al 0.01% y se agitó durante 30 min en un agitador Cimerek®. A partir de esta suspensión madre se hicieron diluciones seriadas y la concentración se determinó con la ayuda de la cámara de Neubauer. Se realizó el conteo de esporas de la dilución con la ayuda de un microscopio electrónico con aumento de 40x (Mena *et al.*, 2003; Lucero *et al.*, 2004). Para determinar la concentración se utilizó la fórmula propuesta por Lipa y Slizynski (1973), $C = (Cc) (4 \times 10^6) (Fd) / 80$, que es una constante, en donde: C= Numero de conidios/mL; Cc=Número promedio de conidios. El número de esporas de las tres cepas de *M. anisopliae* se ajustaron a las concentraciones de 1×10^5 , 1×10^6 , 1×10^7 , 1×10^8 , 1×10^9 y 1×10^{10} esporas/mL. El experimento se realizó con larvas del tercer instar de *G. mellonella* y neonatas de *S. frugiperda*, las cuales se desinfectaron con hipoclorito sodio al 0.5% sumergiéndolas por dos segundos, luego se enjuagaron dos veces en agua destilada estéril y el exceso de agua se retiró con toallas sanitas estériles.

La inoculación de los tratamientos consistió en la inmersión de las larvas por dos minutos en la suspensión de esporas correspondiente, la suspensión de esporas se agitó por cinco minutos antes de su uso. Cumplido el tiempo de exposición, se retiró el exceso de inóculo a las larvas con una toalla sanita seca estéril. El testigo solo se le aplicó agua estéril y Tween al 0.01%. Las larvas se colocaron en recipientes de plástico estériles de 11 x 6 cm² con orificios en la tapa para intercambio

del aire. La evaluación de la mortalidad se realizó cada 24 horas durante 13 días. Para definir si las larvas murieron por la infección del hongo, éstas se colocaron en una cámara húmeda; la cámara húmeda se preparó con cajas petri estériles, a las cuales se les colocó una bola de algodón desinfectado y humedecido con agua destilada estéril. Para observar la proliferación de las unidades infectivas del hongo, la cámara húmeda se incubó a una temperatura de 23° C. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, con tres tratamientos, cinco repeticiones por tratamiento, 10 unidades experimentales por repetición, para un total de 50 unidades experimentales por tratamiento (Rodríguez *et al.*, 2004). Los datos obtenidos de la mortalidad se sometieron a un análisis de varianza y prueba de Tukey y pruebas de LSMEAN en el programa estadístico SAS (1985) para conocer las diferencias de mortalidad entre tratamientos y en el tiempo (días). Los datos de mortalidad se ajustaron con la fórmula de Abbott (1925) y se realizó una regresión lineal.

5.5. Establecimiento de parcelas demostrativas para probar el efecto de *Metarhizium anisopliae* sobre *Spodoptera frugiperda*

El estudio se desarrolló en los municipios de Paso de Ovejas (Localidades de Bandera de Juárez y Las Trancas) y Tlaxicoyan (Localidad el Cocuite), el primero se ubica a 19°17'06" latitud Norte y 96°26'24" longitud Oeste, con una altitud de 40 msnm. El clima es cálido con una temperatura de 25 °C, con presencia de lluvias en los meses de junio a septiembre y periodo seco marcado el resto del año (García, 1964). Su vegetación es selva baja caducifolia y vegetación secundaria (Miranda y Xolocotzi, 1963; INAFED, 2018a).

El municipio de Tlaxicoyan se localiza a los 18°48'11" de latitud Norte y 96°03'40" de longitud Oeste, con 10 msnm. Su clima es cálido con temperatura media anual de 25.8 °C, con presencia de sequía anual por seis meses (García, 1964). Mientras que su vegetación es de selva baja caducifolia, sabana y vegetación secundaria (Miranda y Xolocotzi, 1963; INAFED, 2018b). Ambos pertenecen a la región del Sotavento del estado de Veracruz. Además, se caracterizan por presentar la mayor extensión de cultivo de maíz en la entidad (Figura 1).

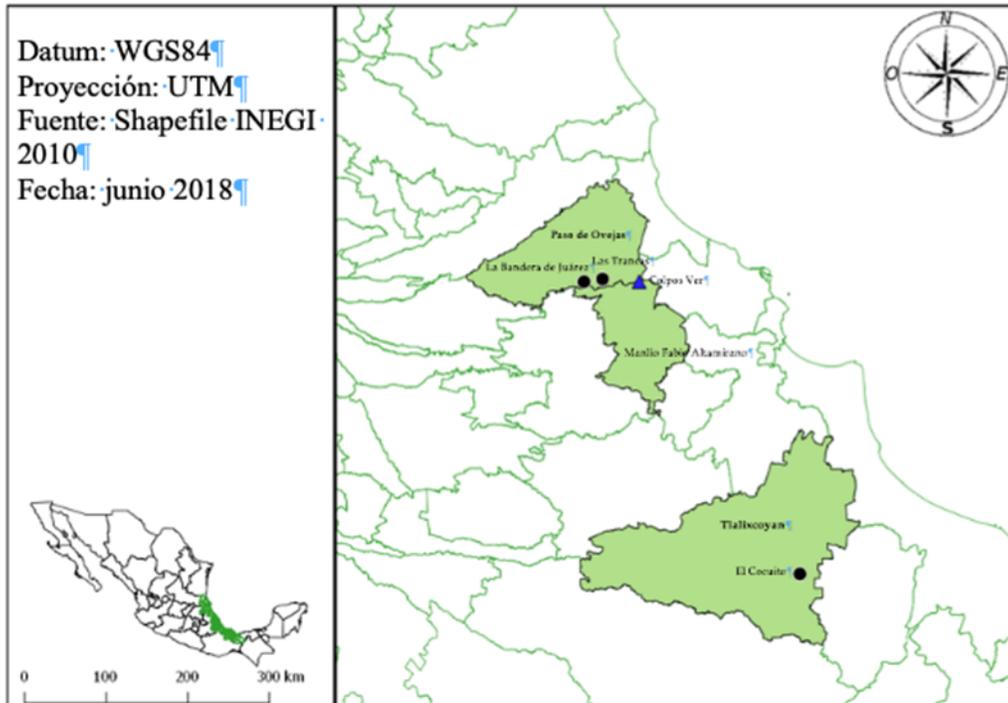


Figura 1. Localización geográfica de las parcelas donde se aplicó *Metarhizium anisopliae* contra el gusano cogollero del maíz en la zona centro del estado de Veracruz, México.

5.5.1. Muestreo de *Spodoptera frugiperda* en parcelas demostrativas de maíz

Previo a la demostración en campo, se hizo un muestreo del gusano cogollero en cada una de las parcelas (Bahena-Juárez *et al.*, 2010) para conocer el porcentaje de incidencia. El muestreo fue en zigzag, para calcular el porcentaje de parasitismo se utilizó la fórmula:

$$\% \text{ de parasitismo} = \frac{\text{plantas parasitadas}}{\text{plantas totales}} * 100$$

La aplicación de esporas en campo fue a una concentración de 1×10^9 esporas/mL en 15 litros de agua, se realizó calibración de equipo (Bahena-Juárez *et al.*, 2010). La aplicación se realizó por la tarde, para evitar muerte de conidios por condiciones ambientales extremas, con la ayuda de una bomba de mochila. A los ocho días de la aplicación se evaluó el porcentaje de mortalidad sobre *S. frugiperda* para determinar la efectividad del hongo.

El criterio usado para realizar las demostraciones de efectividad del control de *M. anisopliae* sobre *S. frugiperda* y las entrevistas, se basó en que un municipio presentara cultivo de temporal, mientras que el segundo tuviera acceso a riego, además el productor debería tener un área mínima de 0.5 ha cultivada. Respecto a la selección de los productores participantes se realizó al azar, por sugerencia de las autoridades ejidales.

Para la demostración en campo, se utilizó la técnica participativa con una sesión grupal y se realizó en la parcela de maíz del productor cooperante. En lo que concierne a la capacitación, se les dio una plática de 15 minutos, que consistió en informarles sobre las ventajas del uso de bioinsecticidas. Además, se les obsequió un tríptico informativo (Anexo 1) de las generalidades del uso y ventajas del bioinsecticida *M. anisopliae* para el control del gusano cogollero de maíz. Respecto a la entrevista se les aplicó antes de la información y después de la plática y demostración en campo. Dichas encuestas se aplicaron en el periodo de agosto-septiembre del año 2017.

5.6. Actitud de productores para el uso de bioinsecticidas a base de *Metarhizium anisopliae*

Para realizar el estudio de la actitud de los productores de maíz, se contó con una muestra de 12 productores para el primer municipio y cinco para el segundo. Se utilizó el método de la entrevista semiestructurada (Rodríguez *et al.*, 2006). Para lo cual, se elaboró un cuestionario (Anexo 2) que abarcó los componentes: cognitivo, con nueve afirmaciones; el afectivo, con 9 afirmaciones y el normativo, con once afirmaciones. A su vez, las afirmaciones se diseñaron para determinar la actitud de los productores hacia el uso del bioinsecticida formulado a base del hongo *Metarhizium anisopliae* para el control del gusano cogollero del maíz. Así mismo, se utilizó el método de escalamiento de Likert (Hernández *et al.*, 1991), se asignaron 5 categorías: Que va de la puntuación alta a la baja (5 indica totalmente de acuerdo, 4 de acuerdo, 3 ni acuerdo ni desacuerdo, 4 en desacuerdo y 1 totalmente desacuerdo). Con base en ésta información se obtuvo un índice de aceptación, empleando de la siguiente formula:

$$IA = PT/NT$$

Donde

IA= Índice de aceptación

PT= Puntuación total en la escala

NT= Número total de afirmaciones de los individuos.

Además, se incluyó una sección de preguntas abiertas, que consistió en conocer si el productor ha padecido alguna enfermedad por el uso de agroquímicos y número de hectáreas con las que cuenta. Por lo que se refiere a la duración de la entrevista fue de 20 minutos. El diseño experimental de la actitud estuvo conformado por las variables independientes que fueron los componentes cognitivo, afectivo y normativo para cada municipio. Mientras que la variable dependiente fue la disposición del uso del hongo para el control de *S. frugiperda*.

Para conocer la sumatoria de frecuencia de cada una de las afirmaciones de los componentes cognitivo, afectivo y normativo por municipio del antes y después de la aplicación de *M. anisopliae* en campo; se realizó una sumatoria de frecuencia de cada una de las afirmaciones en el paquete estadístico Estadística versión 07.

Para conocer el cambio de actitud con base en cada componente que la integró, se realizaron tablas de frecuencia en estadística descriptiva en el paquete Estadística versión 07, para lo cual se obtuvo a la media de cada uno de los componentes del antes y el después por municipio.

Mientras que, para saber la correlación de la edad y la escolaridad de los productores de maíz encuestados con los componentes cognitivo, afectivo y normativo, del antes y después de la demostración en campo. Se utilizó la prueba no paramétrica de Spearman con significancia $P < 0.005$ en Estadística versión 07. Para la edad se hicieron dos grupos, el primero de 30-45 años y el segundo de 46-70 años. De igual manera para la escolaridad se hicieron dos grupos, el bajo de 1-6 años cursados y el alto de 7-9 años cursados.

5.7. Propuesta del modelo de transferencia de tecnología agrícola

La metodología para la propuesta del modelo de transferencia de tecnología agrícola consistió en la revisión de las teorías en que se sustentan los enfoques: Procesos de Innovación Rural, Investigación Acción Participativa y Modelo de Intervención Social. Se utilizó el método de análisis y síntesis para el estudio bibliográfico de los enfoques mencionados, así como el método de la inducción-deducción y la contrastación permitieron identificar las aportaciones relevantes y las fortalezas de cada enfoque estudiado. El enfoque de sistemas permitió deducir el papel que han tenido los sectores gubernamentales en la creación y ejecución de proyectos agropecuarios para el desarrollo personal y local (Báez *et al.*, 2018).

Con base en el análisis de los aportes epistemológicos y teóricos de los enfoques se generó una propuesta de innovación para la transferencia de tecnología agrícola mediante la creación de grupos de trabajo, que permitan el desarrollo personal y grupal en los campesinos.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Características biológicas de *Metarhizium anisopliae*

6.1.1 Porcentaje de germinación de *Metarhizium anisopliae*

El porcentaje de germinación mostró diferencias significativas entre tratamientos de acuerdo a la prueba de Tukey, la cepa Ma28 presentó diferencias estadísticas ($P < 0.000197$) con respecto a la Ma25 y Mamc (Figura 2). A las siete horas, las tres cepas superaron el 50% de germinación, siendo la cepa Mamc la que alcanzó a las 10 horas el 100% de germinación, seguida la Ma25 a las 12 horas y Ma28 a las 14 horas. En el análisis de la interacción de las cepas con días y crecimiento, no hubo diferencias estadísticas de acuerdo a la prueba de Tukey ($P < 0.05$).

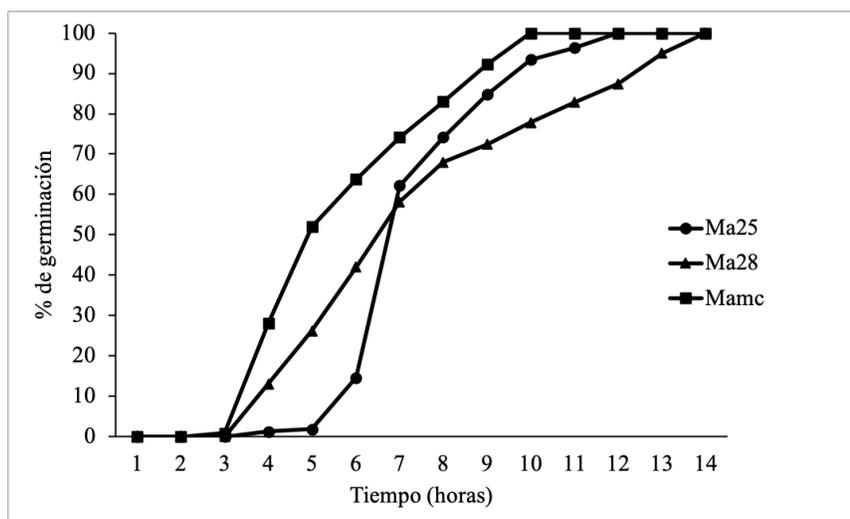


Figura 2. Dinámica del porcentaje de germinación de esporas en horas de tres cepas (Ma25, Ma28 y Mamc) de *Metarhizium anisopliae*.

Diversos autores han estudiado la germinación de *M. anisopliae* y reportan una variación que va del 85 al 100% a las 24 h (Obando *et al.*, 2013; Chan-Cupul *et al.*, 2010; Acuña *et al.*, 2015 y Padilla-Melo *et al.*, 2000). La velocidad de germinación es una característica importante para el desarrollo rápido del tubo germinativo y así acelerar el proceso infeccioso. Con base en esta información se observó que existe una gran heterogeneidad de respuesta en la germinación de esporas de acuerdo a las cepas; esta característica puede estar relacionada con el estrés térmico, grado de virulencia, dormancia, ya que cepas criopreservadas presentan dificultades para la germinación, por lo que éstas deben ser reactivadas directamente en el insecto-plaga o medios suplementados (Nishi *et al.*, 2013; Alves *et al.*, 2017). Además de genes de interrupción como MaSnf1 que retrasan la germinación; así como la radiación ultravioleta y edad de la cepa (Ming *et al.*, 2014). Es necesario realizar exploraciones detalladas de germinación de cepas, las cuales pueden ser de suma importancia para el control de plagas importantes en los cultivos agrícolas como maíz, entre otros (Le Grand y Cliquet, 2013).

6.1.2. Desarrollo micelial de *Metarhizium anisopliae*

En el desarrollo micelial de las tres cepas no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos de acuerdo a la prueba de Tukey ($P > 0.4530$), por lo que se infiere que las cepas tienen

el mismo desarrollo micelial. Con respecto al crecimiento entre los días ($P>0.4556$) no hubo diferencias, lo cual indica que el crecimiento fue similar en las cepas a través del tiempo. Con respecto a la interacción tratamiento y días, tampoco se presentaron diferencias $P<0.5481$ entre las cepas (Figura 3). Sin embargo, las tres cepas presentaron un crecimiento alto el día 15, la cepa Ma 25 presentó un crecimiento de 0.65 mm, en la cepa Ma28 fue de 0.52 mm y en la cepa Mamc fue de 0.43 mm.

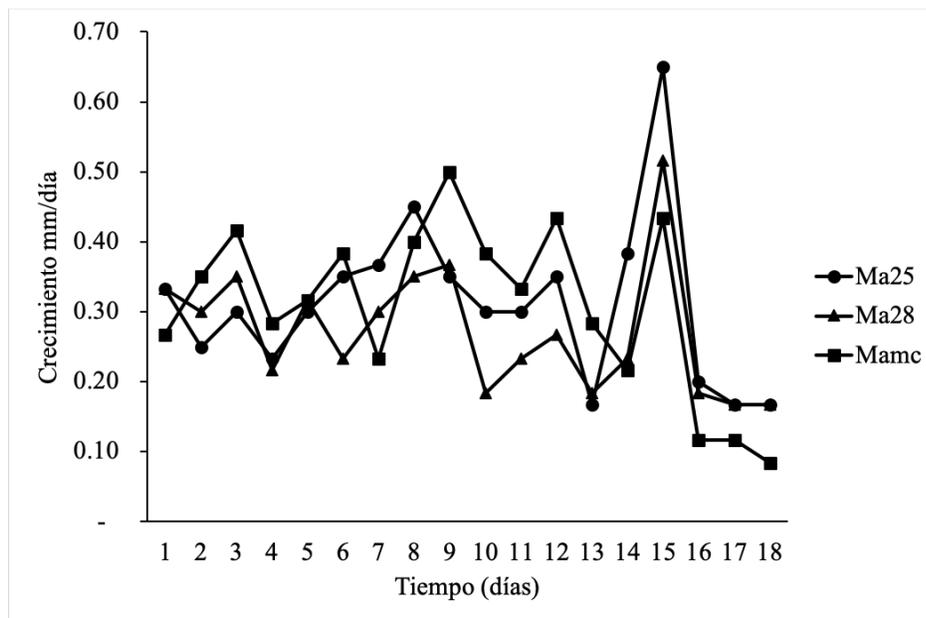


Figura 3. Crecimiento micelial (mm) durante 18 días de tres cepas (Ma25, Ma28 y Mamc) de *Metarhizium anisopliae*.

A diferencia de la presente investigación, en otros estudios como los reportados por Chan-Cupul *et al.* (2010), encontraron diferencias significativas en el crecimiento radial en cinco cepas de *M. anisopliae*. Mientras que Cruz-Avalos *et al.* (2015), obtuvieron crecimiento de 1.3 a 3.6 mm/ día. Por su parte, Obando *et al.* (2013) obtuvieron diferencias de 57.5 a 119.1 mm a los 20 días en 13 cepas de *M. anisopliae*. Así mismo, García *et al.* (2006) reportan 32.7 mm a los ocho días; 47.3 a los 10 días, sin encontrar diferencias significativas en los crecimientos con *Beauveria bassiana*. Por su parte, Tanzini *et al.* (2001) encontraron diferencias significativas de 0.85 a 2.28 cm en medios con diferentes agentes tensoactivos durante ocho días a una temperatura de $26 \pm 1^\circ\text{C}$ en cepas de *M. anisopliae*. Mientras que Cruz-Avalos *et al.* (2015) encontraron diferencias

estadísticas en el crecimiento radial de cuatro cepas de *M. anisopliae*, que fue de 1.30 a 3.06 mm/día. Del mismo modo, Ruíz-Sánchez *et al.* (2011) encontraron diferencias significativas en cinco cepas de *M. anisopliae* 0.37 ± 0.0061 y 0.31 ± 0.0173 cm/día. Mientras que Skrobek (2001) registró velocidad de crecimiento de 0.33 a 0.36 cm/día, así mismo y Rachappa *et al.* (2010) reportaron valores de crecimiento micelial de 0.38 a 0.39 cm/ día. El comportamiento del crecimiento radial en cepas de *M. anisopliae* se atribuye al silenciamiento de genes que codifican proteínas como nanoproteínas, quitinas y glucano sintetasas implicadas en el proceso de crecimiento de la hifa, como resultado del proceso de transferencias seriadas (García *et al.*, 2006).

6.1.3. Producción de conidios de *Metarhizium anisopliae*

La cepa Mamc presentó la mayor producción de conidios con respecto a las otras dos cepas a los 18 días, siendo diferentes estadísticamente (Cuadro 1).

Cuadro 1. Producción de conidios de tres cepas de *Metarhizium anisopliae*.

Cepa	Esporas/18 días*
Ma25	4 783 333 ^b
Ma28	7 600 000 ^b
MaMc	42 316 667 ^a

*Letras diferentes en la misma columna indica diferencia estadística ($p < 0.05$).

Estudios realizados por Cruz-Avalos *et al.* (2015) encontraron diferencias significativas en producción de esporas de cuatro cepas de *M. anisopliae* donde obtuvieron concentraciones de 1×10^{10} y 6.5×10^9 conidios/mL, respectivamente. Por otro lado, Obando *et al.* (2013) probaron 13 cepas de *M. anisopliae* y encontraron diferencias significativas en la producción de esporas a los 20 días de cultivadas (16.0×10^7 , 13×10^7 , 12×10^7), las cuales fueron altamente significativas ($P < 0.0001$). Por su parte, Torres de la Cruz (2006) en 17 cepas de *M. anisopliae* encontró diferencias significativas en la esporulación, la cepa con mayor producción fue de 3.9×10^6 esporas/mL, mientras que la menor fue de 2.6×10^6 esporas/mL. De igual manera Tanzini *et al.* (2001) encontraron diferencias significativas en la producción de conidios con diferentes agentes tensoactivos 0.44×10^7 , el más bajo y el más alto valor de esporulación de 1×10^7 esporas/mL.

Los resultados encontrados en la presente investigación son similares a los reportados por los autores antes mencionados, en que la producción de conidios depende de la cepa; esto es debido a que la temperatura y humedad son controladas en el laboratorio. Por otro lado, la temperatura y humedad tienen un efecto importante en la producción de esporas; se ha determinado que el rango de temperatura para la producción óptima de conidios es de 25°C a 30°C y una humedad 70% (Dimbi *et al.*, 2004; Lemmon y Jonsson, 2008).

6.2. Pruebas de efectividad de *Metarhizium anisopliae* con *Galleria mellonella*

Algunas señales de infección se manifestaron en las larvas después de las 48 horas de la aplicación del hongo, como dificultad de movimiento en su cuerpo. A los cuatro días empezaron a presentar una coloración blanca opaca, debido al crecimiento del micelio.

De acuerdo a lo señalado por Téllez-Jurado *et al.* (2009), durante la replicación del hongo en el hemocele, se da la producción de toxinas y expresión de metabolitos, que es el proceso de enfermedad por parte del hongo. El cual puede variar en tiempo, alrededor de ocho horas y la presentación de cuerpos micosados alrededor de cinco días dependiendo de las condiciones climáticas y características propias del hongo. Posteriormente, entre los ocho y diez días se observan las primeras estructuras fúngicas sobre el cuerpo de los insectos. La diversidad de la virulencia en los hongos entomopatógenos depende de características genéticas propias de cada aislamiento, origen geográfico, hospedero actividad enzimática (Ignoffo *et al.*, 1982; Brownbridge *et al.*, 2001) así como variación inter e intraespecífica de la estabilidad como la patogenicidad y mutaciones.

Con respecto a la cepa Ma25, el 50% de la mortalidad se presentó entre los días 5 y 9 en todas las concentraciones. Siendo la concentración 1×10^{10} esporas/mL, la que presentó la mortalidad en el menor tiempo. Esta concentración presentó el 100% de mortalidad al 11° día, mientras que en las demás concentraciones fue hasta alrededor de los 13 días (Figura 4).

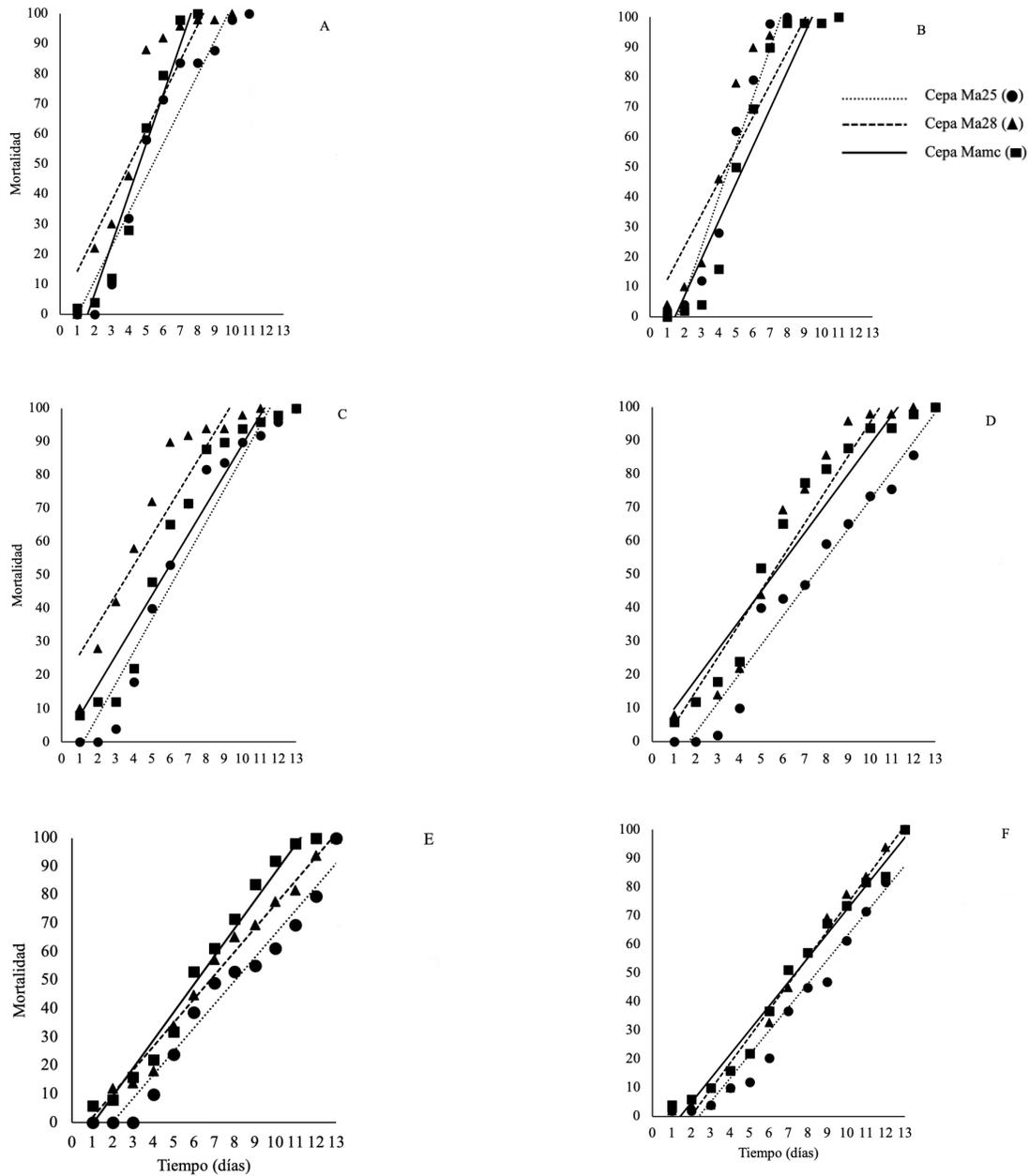


Figura 4. Mortalidad de *Galleria mellonella* por las cepas Ma25, Ma28 y Mamc de *Metarhizium anisopliae*, a concentraciones de: (A) 1×10^{10} , (B) 1×10^9 , (C) 1×10^8 , (D) 1×10^7 , (E) 1×10^6 y (F) 1×10^5 esporas/mL.

Mientras que para la cepa Ma28, las concentraciones 1×10^8 , 1×10^9 y 1×10^{10} esporas/mL presentaron el 90% de mortalidad al sexto día y el 100% de mortalidad para las dos concentraciones más altas fue al octavo día. A diferencia de las más bajas concentraciones que presentaron el 100% de mortalidad hasta el 13° día. Con respecto a la cepa Mamc las

concentraciones 1×10^7 , 1×10^8 , 1×10^9 y 1×10^{10} esporas/mL tuvieron el 50% de mortalidad entre el cuarto y quinto día. La concentración 1×10^{10} esporas/mL mostró el 100% al octavo día, mientras que las concentraciones 1×10^7 esporas/mL y 1×10^8 esporas/mL la tuvieron hasta los 13 días. No hubo diferencias estadísticas ($P > 0.05$) entre las cepas y concentraciones en la mortalidad final, pero si entre días (Figura 4). En el testigo solo presentó el 2% de mortalidad.

Respecto a las diferencias estadísticas entre cepas por día y concentraciones, se muestran que para el tercer y quinto día la cepa Ma28 a la concentración 1×10^{10} esporas/mL presentó diferencias estadísticas ($P < 0.001$) con respecto a las demás cepas y concentraciones. En el séptimo día la cepa Mamc a la concentración 1×10^{10} esporas/mL alcanzó el 98% de mortalidad siendo más agresiva que Ma25 y Ma28 (Figura 4A).

Con respecto a la concentración 1×10^9 esporas/mL, del tercer al octavo día la cepa Ma28 fue diferente ($P < 0.01$) con respecto a la cepa Ma25 y Mamc. A los 15 días las cepas Ma25 y Mamc tuvieron el 100% de mortalidad hacia la larva, siendo las de mejor biocontrol (Figura 4B).

A la concentración 1×10^8 esporas/mL la cepa Mamc del tercer al sexto día presentó diferencias estadísticas ($P < 0.01$) con respecto a Ma25 y Ma28. A partir del séptimo día las cepas Mamc y Ma25 fueron diferentes a la Ma28 y a los 14 días la cepa Ma25 fue la que tuvo el 100% de mortalidad con respecto a las otras (Figura 4C).

En cuanto, a la concentración 1×10^7 esporas/mL la cepa Mamc fue diferente ($P < 0.01$) del tercer al quinto día con respecto a la cepa Ma25 y Ma28. Del cuarto al octavo día las cepas Ma28 y Mamc fueron diferentes ($P < 0.01$) a la Ma25. Del octavo al doceavo día la cepa Ma28 presentó el 100% de mortalidad (Figura 4D).

Para la concentración 1×10^6 esporas/mL, la cepa Mamc fue diferente ($P < 0.01$) respecto a las demás cepas del tercer al doceavo día. Sin embargo, al quinto día la cepa Ma28 fue diferente ($P < 0.01$) a la cepa Ma25 y Mamc (Figura 4E).

En la mínima concentración 1×10^5 esporas/mL, del día tercero al séptimo la cepa Mamc fue diferente ($P < 0.01$) a la Ma25 y Ma28. Finalmente, del octavo al treceavo día las cepas Mamc y Ma28 fueron diferentes a la Ma25, a los trece días alcanzaron el 100% de mortalidad (Figura 4F).

Los valores de R^2 muestran que en todas las concentraciones existe una clara relación entre el tiempo y la mortalidad, con excepción de la cepa Ma28 que en las tres concentraciones más altas (1×10^8 , 1×10^9 y 1×10^{10} esporas/mL) sus valores de R^2 fueron por debajo de 0.90 (Cuadro 2). Además, las tres concentraciones más altas indujeron el 100% mortalidad en menos tiempo (Figura 4).

Cuadro 2. Valores de R^2 de la mortalidad de *Galleria mellonella* por *Metarhizium anisopliae*.

Cepa	Concentración (esporas/mL)					
	1×10^5	1×10^6	1×10^7	1×10^8	1×10^9	1×10^{10}
Ma25	0.95	0.96	0.96	0.93	0.95	0.92
Ma28	0.97	0.98	0.92	0.86	0.83	0.84
Mamc	0.98	0.97	0.92	0.91	0.90	0.95

Lo anterior indica que existen diferencias en la mortalidad del insecto con respecto a la concentración de conidios. Además, otros factores como producción de enzimas y metabolitos secundarios determinan la penetración del hongo en la cutícula del insecto (Vey *et al.*, 1982; Jiang *et al.*, 2003). Así mismo las condiciones de temperatura y humedad relativa tienen efectos directos en el crecimiento del micelio y producción de esporas. Autores como Ferron (1975) y Dimbi *et al.* (2004) mencionan que la temperatura entre 25°C a 30°C y 70% humedad relativa, son los rangos óptimos para que el hongo cause de manera oportuna la enfermedad. Para identificar si las larvas murieron por el hongo, se colocaron en cámara húmeda y después de tres días los cuerpos presentaron crecimiento de hongo y esporulación; las características correspondían a *M. anisopliae*, con lo cual se confirmó su presencia y efecto en la mortalidad.

De acuerdo al cálculo del área bajo la curva de tipo sigmoide mediante la paquetería Curvature de R Studio, se pudo conocer para el periodo de ocho días que la mortalidad en la cepa Ma25 la

concentración 1×10^{10} con el 95.44%, la 1×10^6 con el 57.22% y la 1×10^5 no superó el 50%. Así mismo en la cepa Ma28 al séptimo día a la concentración 1×10^{10} tuvo el 100%, a diferencia de la concentración 1×10^5 que presentó el 61.90% de mortalidad, siendo la más baja; las demás concentraciones no superaron el 50% para el periodo de ocho días. La cepa Mamc a la concentración de 1×10^{10} obtuvo el 97.77% y la 1×10^5 obtuvo el 66.69%; las demás concentraciones para este periodo no superaron el 50% mortalidad (Cuadro 3).

Autores como Torres *et al.* (2014), obtuvieron diferencias significativas en la mortalidad de *G. Mellonella* en cuatro cultivos monospóricos de *M. anisopliae*. La mortalidad osciló del 24 al 89%. Mientras que en los cultivos poliespóricos encontraron mortalidades de 14.8 y 76.6%. De acuerdo a estos resultados, se puede afirmar que las cepas tienen amplia variabilidad intraespecífica en cuanto a la patogenicidad hacia larvas de *G. mellonella*.

Esta variabilidad se observa también cuando se prueban diferentes concentraciones, que se puede obtener mortalidad del 100% en las concentraciones de 5.5×10^6 , 5.86×10^5 y 4.8×10^6 conidios/mL (Khalid *et al.*, 2012), éstos autores también concluyeron que las larvas infectadas pueden vivir hasta cinco días. Además, la expresión de melanina es un indicador de que el hongo está causando enfermedad en el cuerpo.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se puede indicar que estas cepas tienen potencial para el control de diversas plagas, como *G. mellonella*, que causa daños en apiarios. Por lo que, se podrían probar formulaciones de bioinsecticidas con este hongo y determinar su efecto tanto en la plaga como en las abejas.

Cuadro 3. Mortalidad de *Galleria mellonella* en el área bajo la curva.

Concentración	Ecuación	r ²	Días	Mortalidad
Cepa Ma25				
1x10 ¹⁰	Y= 0.1031x ³ -2.5587x ² +17.388x-18.531	0.64	1-9	95.44
1x10 ⁹	Y= 0.1002x ³ -2.1898x ² +13.67x-13.888	0.63	1-9	68.63
1X10 ⁸	Y= 0.0804x ³ -2.0684x ² +14.95x-17.874	0.68	1-9	84.93
1x10 ⁷	Y= 0.0845x ³ -1.9133x ² +12.769x-14.979	0.30	1-9	65.21
1x10 ⁶	Y= 0.0979x ³ -2.0929x ² +13.308x-15.972	0.65	1-9	57.22
1x10 ⁵	Y= 0.021x ³ -0.452x ² +3.8262x-3.944	0.54	1-9	46.12
Cepa Ma28				
1x10 ¹⁰	Y= 0.1346x ³ -3.0197x ² +17.639x-11.287	0.46	1-8	100
1x10 ⁹	Y= 0.1375x ³ -3.1628x ² +19.339x-16.028	0.63	1-8	99.01
1X10 ⁸	Y= 0.0641x ³ -1.3851x ² +6.8385x+6.2517	0.78	1-9	92.56
1x10 ⁷	Y= 0.035x ³ -1.0719x ² +8.3117x-5.2308	0.43	1-9	87.90
1x10 ⁶	Y= 0.0163x ³ -0.4496x ² +3.6081x+0.3636	0.15	1-9	64.86
1x10 ⁵	Y= -0.0023x ³ -0.1858x ² +3.5188x-3.7483	0.68	1-9	61.90
Cepa Mamc				
1x10 ¹⁰	Y= 0.1329x ³ -3.2148x ² +21.132x-22.336	0.66	1-8	97.77
1x10 ⁹	Y= 0.1113x ³ -2.8439x ² +19.978x-23.888	0.60	1-8	91.62
1X10 ⁸	Y= 0.0425x ³ -1.1861x ² +8.7055x-5.6224	0.36	1-9	85.11
1x10 ⁷	Y= 0.0542x ³ -1.3899x ² +9.521x-5.9161	0.42	1-9	85.11
1x10 ⁶	Y= -0.0105x ³ -0.0864x ² +2.7612x+0.4895	0.55	1-9	76.17
1x10 ⁵	Y= -0.014x ³ +0.05x ² +1.8821+0.2797	0.50	1-9	66.69

6.3. Pruebas de mortalidad de *Spodoptera frugiperda* con *Metarhizium anisopliae*

Confirmada la mortalidad de larvas de *G. mellonella* por las cepas de *M. anisopliae*, éste hongo se utilizó contra *S. frugiperda*. No se encontraron diferencias significativas entre cepas Tukey (P>0.05), así como en las concentraciones, pero si se observaron diferencias estadísticas (P<0.05) de la mortalidad en las diferentes concentraciones con relación al tiempo (días).

En la concentración 1×10^{10} esporas/mL la cepa Mamc fue diferente estadísticamente ($P < 0.01$) con relación a las cepas Ma25 y Ma28, del tercer al undécimo día con relación a la mortalidad, y a los 14 días presentó el 100% de mortalidad, siendo la más letal con respecto a las otras concentraciones (Figura 5A).

Para la concentración 1×10^9 esporas/mL la cepa Ma28, al cuarto día, fue diferente ($P < 0.01$) de la cepa Mamc y Ma25. Por otro lado, la cepa Ma25 fue diferente respecto a la Mamc y Ma28, siendo la de menor mortalidad en los 18 días que demoró el experimento. Las cepas Ma28 y Mamc a los 15 días alcanzaron el 98% de mortalidad de *S. frugiperda* (Figura 5B).

La concentración 1×10^8 esporas/mL de la cepa Mamc, del tercero al sexto día, presentó mayor mortalidad ($P < 0.01$) con respecto a las cepas Ma28 y Ma25. Sin embargo, de los días 11 al 14 la cepa Ma25 fue diferente ($P < 0.01$) de las cepas Ma28 y Mamc y alcanzó el 100% de mortalidad en el menor tiempo, siendo la de mejor control con respecto a las demás cepas (Figura 5C).

A la concentración 1×10^7 esporas/mL, del tercer al octavo día, la cepa Mamc presentó diferencias estadísticas con relación a las cepas Ma28 y Ma25. Pero del día 9 al 16 la cepa Ma28 fue diferente ($P < 0.01$) de las cepas Mamc y Ma25, incluso esta cepa a los 16 días tuvo el 100% de mortalidad siendo la más agresiva hacia a la larva para esta concentración (Figura 5D).

La efectividad a la concentración 1×10^6 esporas/mL, del cuarto al octavo día, la cepa Ma28 fue mejor ($P < 0.01$) a la presentada por las cepas Ma25 y Mamc. Esto cambió del día 12 al 16, donde la cepa Ma25 fue diferente ($P < 0.01$) a las cepas Ma28 y Mamc, incluso en este fue la primera en alcanzar el 100% de mortalidad, siendo la concentración más letal (Figura 5E).

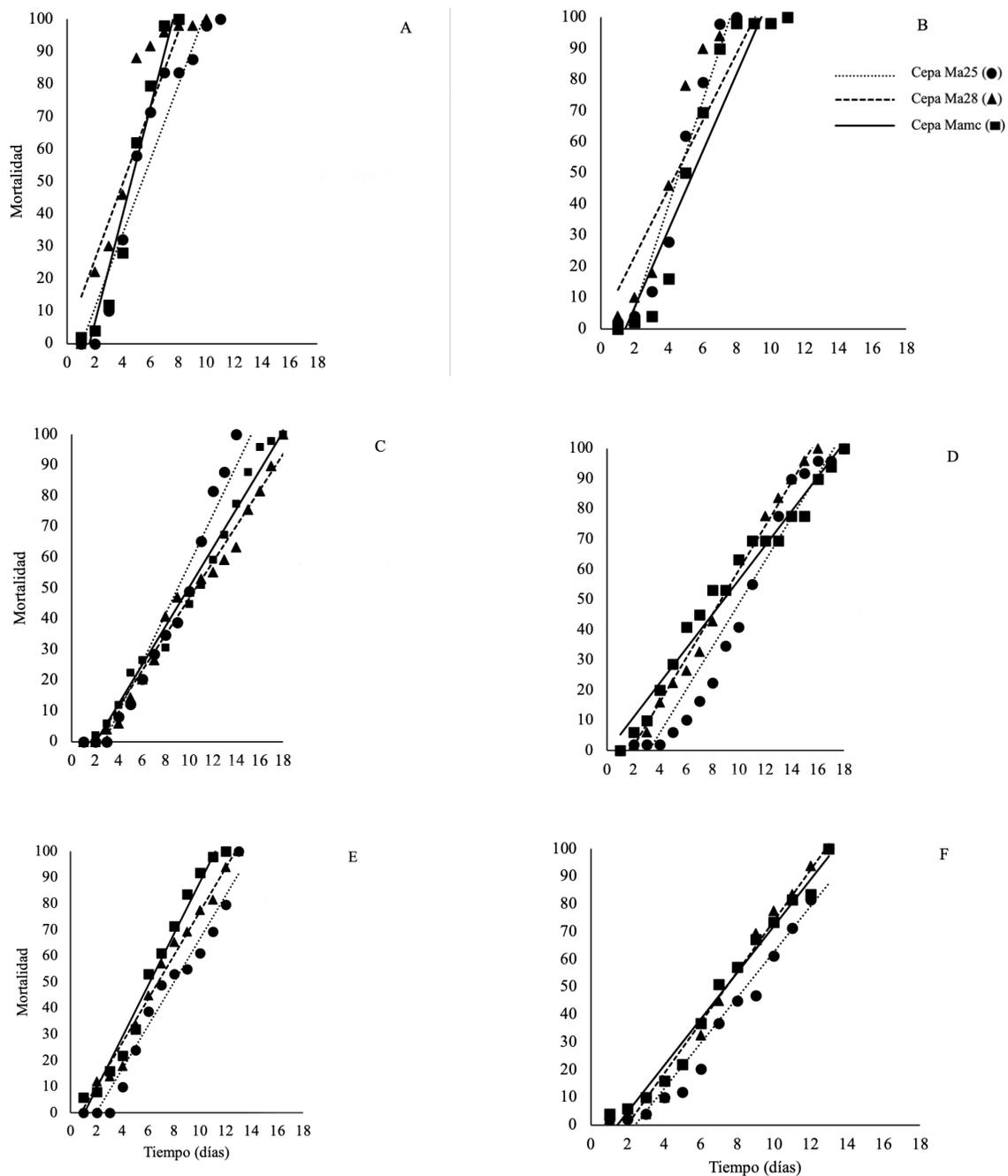


Figura 5. Mortalidad de *Spodoptera frugiperda* por las cepas Ma25, Ma28 y Mamc de *Metarhizium anisopliae*, a concentraciones de: (A) 1×10^{10} , (B) 1×10^9 , (C) 1×10^8 , (D) 1×10^7 , (E) 1×10^6 y (F) 1×10^5 esporas/mL.

Con respecto a la concentración 1×10^5 esporas/mL, del cuarto al décimo sexto día la cepa Ma28 fue diferente ($P < 0.01$) a las cepas Mamc y Ma25, incluso esta misma cepa y concentración tuvo el 92% a los 16 días, siendo la que presentó mejor control para esta concentración (Figura 5F).

Los valores de R^2 en *S. frugiperda*, al igual que para *G. mellonella*, muestran que en todas las concentraciones existe una clara relación entre el tiempo y la mortalidad, con excepción de la cepa Ma28 que en las dos concentraciones más altas (1×10^9 y 1×10^{10} esporas/mL) sus valores de R^2 fueron por debajo de 0.90 (Cuadro 4). También, las dos concentraciones más altas indujeron el 100% mortalidad en menos tiempo (Figura 5).

Cuadro 4. Valores de R^2 de la mortalidad de *Spodoptera frugiperda* por *Metarhizium anisopliae*.

Cepa	Concentración (esporas/mL)					
	1×10^5	1×10^6	1×10^7	1×10^8	1×10^9	1×10^{10}
Ma25	0.95	0.96	0.95	0.94	0.95	0.92
Ma28	0.97	0.98	0.99	0.98	0.83	0.84
Mamc	0.98	0.97	0.97	0.98	0.90	0.95

De acuerdo al cálculo del área bajo la curva de tipo sigmoidea mediante polinomio de tercer grado mediante la paquetería Cubature en R Studio, se calcularon los valores de mortalidad para el periodo de ocho días, tiempo en el cual empieza a manifestarse la mortalidad causada por *M. anisopliae*. Por su parte, la cepa Ma25 en la concentración 1×10^{10} esporas/mL fue la única que obtuvo arriba del 50% de mortalidad en el periodo de ocho días, con el 60.20%. Mientras, que en la cepa Ma28, a la concentración de 1×10^{10} esporas/mL obtuvo el 69.92% y a 1×10^9 esporas/mL con el 57.42%. Por otro lado, la cepa Mamc en la concentración 1×10^{10} esporas/mL obtuvo el 82.53%, y a 1×10^9 esporas/mL el 82.79% y a 1×10^7 esporas/mL el 54.52%; las demás concentraciones en las tres cepas tuvieron valores inferiores al 50% de mortalidad (Cuadro 5).

Los diversos estudios realizados en laboratorio para evaluar la patogenicidad y virulencia de *M. anisopliae* han indicado su eficacia en el control de las diversas plagas de importancia agrícola. Resultados reportados por Keppanan *et al.* (2018), donde utilizaron concentraciones de 1×10^6 , 1×10^7 y 1×10^8 esporas/mL, reportan que ésta última concentración ocasionó la mayor mortalidad en *Coptotermes formosanus*, después de 120 horas de post-tratamiento.

Cuadro 5. Mortalidad de *Spodoptera frugiperda* en el área bajo la curva.

Concentración	Ecuación	r ²	Días	Mortalidad
Cepa Ma25				
1x10 ¹⁰	Y= 0.012x ³ -0.5014x ² +5.2301x-5.8758	0.71	1-9	60.20
1x10 ⁹	Y= -0.015x ³ +0.3001x ² -0.8772x+2.1863	0.47	1-9	34.22
1X10 ⁸	Y= -0.0066x ³ +0.0232x ² +1.7001x-2.5588	0.56	1-9	42.33
1x10 ⁷	Y= -0.0103x ³ +0.1619x ² +0.4845x-1.2092	0.61	1-9	32.10
1x10 ⁶	Y= -0.0099x ³ +0.16x ² +0.2122x+0.8072	0.40	1-9	37.70
1x10 ⁵	Y= -0.0051x ³ -0.1825x ² +2.3506x-3.7288	0.76	1-9	11.54
Cepa Ma28				
1x10 ¹⁰	Y= 0.0245x ³ -0.8102x ² +7.2045x-7.7288	0.80	1-9	69.92
1x10 ⁹	Y= 0.0086x ³ -0.3805x ² +4.2575x-4.3301	0.82	1-9	57.42
1X10 ⁸	Y= 0.0175x ³ -0.5161x ² +4.5319x-5.4837	0.42	1-9	23.81
1x10 ⁷	Y= 0.0016x ³ -0.164x ² +2.5286x-1.8039	0.72	1-9	49.32
1x10 ⁶	Y= 0.008x ³ -0.2928x ² +3.1073x-2.6471	0.37	1-9	45.18
1x10 ⁵	Y= 0.0025x ³ -0.1445x ² +2.1807x-2.2843	0.50	1-9	37.98
Cepa Mamc				
1x10 ¹⁰	Y= 0.0285x ³ -0.8786x ² +6.8963x-3.3562	0.62	1-9	82.53
1x10 ⁹	Y= 0.0098x ³ -0.4117x ² +4.5532x-5.4379	0.35	1-9	54.79
1X10 ⁸	Y= -0.006x ³ +0.1074x ² +0.0561x+2.1699	0.32	1-9	35.82
1x10 ⁷	Y= 0.019x ³ -0.5598x ² +4.4359x-2.3399	0.23	1-9	54.52
1x10 ⁶	Y= -0.007x ³ +0.1004x ² +0.6579x-1.1373	0.78	1-9	30.10
1x10 ⁵	Y= 0.0069x ³ -0.196x ² +2.164x-3.2614	0.80	1-9	24.22

Por otro lado, Sushil *et al.* (2018) utilizaron *M. anisopliae* a una concentración de 1x10¹³ esporas/mL en gusano blanco, donde obtuvieron el intervalo de mortalidad de 24.3 a 39.5%. Dicho estudio se realizó por dos años, bajo un diseño de bloques al azar. Por su parte, los autores argumentan que el control ha sido eficaz en esta plaga.

Así mismo, Toledo-Hernández *et al.* (2018) utilizaron *M. anisopliae* a la concentración de 1x10⁹ conidios/mL y 1x10⁶ conidios/mL en *Anastrepha ludens*, después de 13 días de la aplicación, la

mortalidad fue del 92.3%. Con lo que concluyeron que el uso de este organismo fúngico es una estrategia eficaz para el control de esta plaga. De igual manera, Bernardo *et al.* (2018), usaron blastosporas a concentraciones de 1×10^6 , 1×10^7 y 1×10^8 propágulos mL^{-1} , donde obtuvieron mortalidades de 98%, 79% y 93%. Por otro lado, usaron conidios a la misma concentración, donde la mortalidad fue del 71%, 59% y 63% en el ectoparásito *Rhipicephalus microplus*.

Melanie *et al.* (2018) utilizaron concentraciones de 1×10^5 , 1×10^6 , 1×10^7 , 1×10^8 , 1×10^9 esporas/mL de *M. anisopliae* en *Crocidolomia pavonana* (Fabricius), después de 3.6 días encontraron mortalidades de 75%, 90%, 80%, 85% y 95%, respectivamente. Mientras que el menor tiempo de mortalidad fue a 4.66 días a la concentración 1×10^9 esporas/mL y el más largo de 6.3 días con 1×10^5 esporas/mL. Por su parte, Barbosa *et al.* (2018), utilizaron el hongo *M. anisopliae* a la concentración de 10^8 conidios/mL en adultos de *Tetranychus agmophallos*, después de siete días de la aplicación, se encontró casi el 100% de mortalidad.

Por otro lado, Cruz-Ávalos *et al.* (2015) encontraron intervalo de mortalidad de 64.6 al 100% en cinco cepas de *M. anisopliae* sobre larvas de *Rhipicephalus microplus*. Mientras que Estrada-Vélez *et al.* (1999) encontraron mortalidades mayores al 69.5% con cepas de *B. bassiana* en larvas de *Hypothenemus hampei*. Mendoza-Lucas *et al.* (2006) encontraron mortalidades del 50% al 80% después de 48 horas, en ninfas del tercer instar de *Planococcus citri*, con diversos productos bioinsecticidas como Pae-sin, Mycotrol, Vertisol elaborados a base de *M. anisopliae*. Siendo el Pae-Sin el que presentó la mortalidad más alta con 80%, mientras que los demás obtuvieron hasta el 70% de mortalidad.

De igual manera, Nájera-Rincón *et al.* (2005) usaron la concentración de 2×10^8 conidios/mL de *M. anisopliae* en larvas de *Phyllophaga crinita*, donde obtuvieron la mortalidad de 25%, 54% y 80% en 30 días de la infección del hongo. Así mismo, Poprawski y Yule (1991) evaluaron un aislamiento de *M. anisopliae* con larvas de *Phyllophaga anxia* que resultaron ser susceptibles a este hongo.

Los resultados antes expuestos fueron similares a los encontrados en el experimento realizado a nivel laboratorio, donde la mortalidad total fue igual independiente de las concentraciones. Pero

con respecto al tiempo (días) en alcanzar la mortalidad si se presentaron diferencias estadísticas. Los resultados obtenidos demuestran que existen características propias de cada cepa de *M. anisopliae*, ya que algunas cepas son virulentas debido a que se presentaron diferencias de mortalidad respecto al tiempo en alcanzar cierto porcentaje de mortalidad. Además, es importante señalar que los datos de mortalidad como tal no es un indicador real para medir su efecto. En la mayoría de los casos sucede la infección, donde los insectos dejan de comer, reproducirse, y la mortalidad puede llevar más de nueve días. Sin embargo, el control debe considerarse más allá de este periodo, para conocer sus efectos positivos.

Por otro lado, se demostró que *M. anisopliae* produce la mortalidad en *Spodoptera frugiperda*. De acuerdo a los resultados obtenidos a nivel laboratorio, se podrían establecer estrategias de manejo encaminadas al uso del biocontrol con este hongo contra el gusano cogollero.

6.4. Mortalidad de *Spodoptera frugiperda* por *Metarhizium anisopliae* en campo

En las tres parcelas evaluadas se encontraron larvas micosadas con *M. anisopliae* a los ocho días después de la aplicación. Además, la mortalidad fue superior al 70% en las tres comunidades (Cuadro 6).

Cuadro 6. Porcentaje de mortalidad en campo de *Spodoptera frugiperda* en los municipios de Paso de Ovejas y Tlaxicoyan.

Municipio	Comunidad	Presencia	Ausencia	% Mortalidad
Paso de Ovejas	La Bandera de Juárez	1160	1030	88.79
	Las Trancas	306	228	74.50
Tlaxicoyan	El Cocuite	810	611	75.43

Lezama *et al.* (2005) usaron la concentración de 1×10^8 conidios /mL para el control del gusano cogollero en campo, el cual presentaba un índice de daño que variaba de 10.9 a 30.7 en el periodo de 11 a 18 días de edad en plantas de maíz. Posterior, a la aplicación a los 32 días de edad de la

planta el daño se redujo a 5.8; lo cual indica que *M. anisopliae* presentó efectos positivos en el control en las poblaciones de la plaga. En el presente estudio el efecto fue mayor, debido a la efectividad de las cepas o a que el nivel de infestación fue alto.

Con relación a la efectividad de *M. anisopliae* contra otras plagas, Bautista-Gálvez y González-Cortes (2005), aplicaron en adultos de mosca pinta de caña de azúcar en campo, donde utilizaron las concentraciones de 0.5×10^{11} , 1×10^{12} y 1.5×10^{12} conidios ha^{-1} , encontraron efectividad del 80.8%, 96.4% y 98.7%. Por otro lado, Matabanchoy *et al.* (2012) utilizaron concentraciones de 5×10^{12} a 1×10^{13} conidios ha^{-1} de *M. anisopliae* en larvas *Aenolamia varia* en cultivo de caña, obteniendo mortalidades de 66% y 72%. De igual manera Lemus *et al.* (2008), aplicaron este hongo en nidos de *Atta cephalotes* donde causo el 100% de mortalidad.

Estudios a nivel invernadero como los realizados por Lucero *et al.* (2004), donde utilizaron concentraciones de 1.1×10^{10} , 7.3×10^9 , 2.2×10^{10} , 3.9×10^{10} y 4.3×10^{10} esporas/mL de *M. anisopliae* contra larvas de *Ancognatha scaraabaeiodes*, obtuvieron mortalidades de 76%, 67.5%, 63.5%, 59% y 53%, respectivamente. Así mismo, Obando *et al.*, (2013) utilizaron tres cepas de *M. anisopliae* a la concentración de 1×10^7 conidios/mL en adultos de *Aenolamia varia*, obtuvieron mortalidades de 75.7, 58.8 y 59.6, respectivamente. Como se puede observar las mortalidades son muy similares a las encontradas en el presente estudio, con lo cual se infiere que este hongo tiene efectos importantes en el control del gusano cogollero, debido a que presentó una mortalidad superior al 70% en las tres parcelas donde se aplicó, este porcentaje se considera adecuado para el caso de control biológico con hongos (Vera *et al.*, 2011). De igual manera se puede observar que el hongo *M. anisopliae* tiene un amplio espectro de control en diferentes insectos plaga; además de presentar diversos beneficios que van desde la salud y rentabilidad en el cultivo, así como conservación del ambiente.

6.5. Actitud de productores para el uso de bioinsecticidas a base de *Metarhizium anisopliae*

Con la aplicación del cuestionario antes de la plática se detectó que el 100% de los productores tenían desconocimiento de la existencia de productos biológicos para el control de plagas como el gusano cogollero, garrapatas, mosca blanca, gallina ciega, etc. por lo que la plática les permitió

conocer las ventajas y uso de bioinsecticidas. De acuerdo al análisis de estadística descriptiva, a través de frecuencias se encontró la media del puntaje del componente cognitivo, afectivo, normativo antes y después de la demostración en campo, para cada municipio (Cuadro 7). La mayoría presentó una actitud tendiente a la neutralidad en los componentes cognitivo, afectivo y normativo para el uso de los bioinsecticidas antes de la aplicación.

Después de la plática y la aplicación de *M. anisopliae* la actitud de los productores, de ambos municipios, se incrementó positivamente en los tres componentes, el incremento fue, para Paso de Ovejas, en el componente cognitivo 1.41, afectivo 1.32 y normativo 0.86. En Tlalixcoyan, el incremento fue en el cognitivo 1.18, afectivo 1.16 y normativo 0.80 (Cuadro 7).

Se identificó que existe gran oportunidad para los extensionistas rurales para implementar en los productores de maíz del centro de Veracruz, el uso de control biológico en diversos cultivos, entre ellos el maíz. Así mismo, diseñar programas hacia la transferencia de tecnología para el uso de bioinsecticidas. Los cuales deben estar ligados con políticas públicas para incentivar la producción ecológica, con menos agroquímicos en el agro veracruzano para el control del gusano cogollero del maíz. La adopción en el uso bioinsecticidas permite el uso eficaz del control biológico del gusano cogollero del maíz. En lo que concierne, a los productores tendrían una alternativa no agresiva para el control esta plaga, así como una mejor rentabilidad en el cultivo del maíz.

La correlación de la prueba de Spearman con la edad de los productores de los municipios de Paso de Ovejas y Tlalixcoyan (cognitivo, afectivo, normativo) antes y después de la demostración del bioinsecticida en campo, no se encontraron diferencias significativas $P < 0.05$ (Cuadro 8). Asimismo, el conocimiento que tienen sobre las características, preferencias y uso del bioinsecticida a base de *M. anisopliae* es independiente de la edad. Es decir, los productores del grupo uno (30-45 años) y el grupo dos (46-70 años) tienen la misma tendencia respecto al bioinsecticida.

Cuadro 7. Actitud de los productores antes y después de la demostración y plática en campo hacia el uso de *Metarhizium anisopliae* para el control de *Spodoptera frugiperda*.

Municipio	Actitud			
	Componente	Antes	Después	Diferencia
Paso de Ovejas	Cognitivo	3.07	4.48	1.41
	Afectivo	3.35	4.67	1.32
	Normativo	3.94	4.80	0.86
Tlalixcoyan	Cognitivo	3.44	4.62	1.18
	Afectivo	3.62	4.78	1.16
	Normativo	3.94	4.74	0.80

En lo que respecta a la escolaridad de los productores encuestados y el componente cognitivo, afectivo y normativo; en el grupo bajo (1-6 años de escolaridad) y el alto (7-9 años cursados). Se encontró que no hay diferencias significativas $P < 0.05$ (Cuadro 9). Por lo que los productores tienen el mismo conocimiento en el uso del bioinsecticida independientemente de la escolaridad.

Cuadro 8. Correlación de la edad de los productores con la actitud antes y después de la demostración en campo.

Edad	Actitud Componente	Antes		Después	
		Spearman	$P < 0.05$	Spearman	$P < 0.05$
30-45 años	Cognitivo	0.171990	0.509212	0.327551	0.199346
	Afectivo	0.272784	0.289461	0.171683	0.509980
	Normativo	0.286947	0.264130	-0.118068	0.651765
46-70 años	Cognitivo	-0.118068	0.641765	-0.118068	0.621765
	Afectivo	0.171683	0.519980	0.171683	0.519980
	Normativo	0.327551	0.199346	0.327551	0.189346

Algunos estudios sobre la actitud de los productores, como el realizado por Quiroz *et al.* (2011) donde aplicaron cachaza para mejorar la fertilidad del suelo. Encontraron una actitud positiva en

el factor productivo de 38 productores y el factor aceptación, presentó un promedio de 3.4 ± 0.2 en la respuesta totalmente de acuerdo.

Para este estudio se encontró que los agricultores tenían un nivel promedio de 3.56 de aceptación del uso del bioinsecticida a base de *M. anisopliae*; después de la demostración en campo el puntaje de aceptación cambió a positivo con 4.65, con lo cual se concluye que la demostración es positiva, por ende la actitud hacia el uso también.

Con esta primera exploración de la actitud ante el uso del bioinsecticida a base de *M. anisopliae* por parte de los productores de maíz, se encontró un escenario favorable para la transferencia de tecnología en el uso del bioinsecticida. Esto se debe fundamentar desde un planteamiento teórico. Lo anterior es importante debido a que los productores han presentado problemas de intoxicación que afectan de manera negativa su salud (Fernández *et al.*, 2003).

Cuadro 9. Correlación de la escolaridad de los productores con la actitud antes y después de la demostración en campo.

Escolaridad	Actitud Componente	Antes		Después	
		Spearman	P<0.05	Spearman	P<0.05
1-6 años	Cognitivo	0.431212	0.083959	0.066781	0.820559
	Afectivo	0.337060	0.185838	0.337481	0.237988
	Normativo	0.321191	0.208729	-0.121217	0.679757
7-9 años	Cognitivo	0.441212	0.082959	0.327551	0.199346
	Afectivo	0.397060	0.191838	0.171683	0.509980
	Normativo	0.351191	0.209729	-0.118068	0.651765

Por otro lado, el uso desmedido de insecticidas químicos ha generado resistencia en la plaga, así como incrementos en los costos de producción del maíz. Los productos químicos convencionales son de mayor costo con relación a los biológicos, además del riesgo de salud que se exponen los productores cada vez que hacen uso y los efectos adversos al ambiente. Así como la resistencia de la plaga, por lo que los productores de maíz están obligados a cambiar el ingrediente activo de

manera periódica, con lo cual se encarecen los costos de producción del cultivo (Cuadro 10). Por su parte, los bioinsecticidas formulados a base de *Metarhizium anisopliae* son de menor costo, atacan la plaga de interés, son amigables con el ambiente, no causan problemas de salud para quienes lo aplican y no generan resistencia en las plagas.

Los productores encuestados han usado insecticidas químicos tales como el Arrivo, Lorsban, Cybor 10 Ea e inclusive Palgus (elaborado de la fermentación de la bacteria *Sacchoropolyspora spinosa*), lo que ha generado resistencia del gusano cogollero hacia estos productos. Además, han aumentado la dosis, adquirido productos más tóxicos y caros para salvar su producción, con lo cual han agravado la problemática.

Cuadro 10. Comparación del costo de los productos químicos contra los formulados a base de *Metarhizium anisopliae*.

Nombre comercial	Ingrediente activo	Presentación	Costo
Arrivo	Cipermetrina	1L	\$ 254
Palgus	Spinosad	75 ml	\$260
Lorsban 480	Clorpirifos	1 L	\$ 267
Carioca 48	Clorpirifos	950 ml	\$ 272.76
Resifum U	Cipermetrina + Dicloruos	1L	\$ 320
Cybor 10 Ea	Cipermetrina	1L	\$ 699
Animax	<i>Metarhizium anisopliae</i>	400 g	200

Fuente: Elaboración propia.

Por su parte, los hongos entomopatógenos, no crean resistencia debido a que su forma de acción es de contacto, ingestión, penetración de las hifas en el hemocele del insecto. Así mismo, cuando las esporas germinan, el micelio invade el cuerpo del insecto a través de la multiplicación de estructuras hifales en todo el cuerpo, causando la muerte. Seguido de la diseminación de esporas en el ambiente (Pucheta *et al.*, 2006; Téllez-Jurado *et al.*, 2009). Mientras que algunos ingredientes activos de los productos químicos los insectos los adquieren por ingestión, contacto o translaminar que actúa sobre receptores nicotínicos de la acetilcolina, alterando al sistema nervioso y canales del GABA (neurotransmisor) (Bisset, 2002). Es decir, actúa sobre ciertas partes de organelos

celulares, que a través de la exposición continua en el tiempo hace que el gusano cogollero adquiera resistencia al ingrediente activo.

6.6. Propuesta del modelo de transferencia de tecnología agrícola

Los resultados anteriores nos permiten visualizar que *M. anisopliae* puede ser una alternativa viable para usarse en el control de la *S. frugiperda*; además que los productores mostraron una actitud positiva para su uso, después de conocer su efecto. Con base en esto, a continuación se plantea una propuesta teórica de transferencia para el uso de *M. anisopliae* por productores de maíz. Esta propuesta se basa en tres enfoques teóricos, de los cuales se toma lo más relevante.

6.6.1. Fundamento teórico de los enfoques Procesos de Innovación Rural, Investigación Acción Participativa y Modelos de Intervención Social

Los Procesos de Innovación Rural (PIR), parten del fundamento teórico del constructivismo y las teorías de las innovaciones de Rogers (1995), que indica que las innovaciones se difunden con el tiempo, donde los individuos pasan por diferentes etapas en la aceptación de las tecnologías agrícolas. Mientras, Campos (2010) y Galindo *et al.* (2001) argumentan que el flujo de información es transcendental cuando los líderes de opinión y de masas participan, agilizando la formación de grupos de individuos y acelera el cambio en las actitudes personales.

A su vez, propone un cambio de pensamiento por medio de la enseñanza y el aprendizaje para resolución de problemáticas complejas en la sociedad. Este enfoque surge en la convención latinoamericana constituida por Venezuela, Cuba, Nicaragua y México; mientras que a nivel mundial se integra con iniciativas de desarrollo de África y Asia, y su núcleo coordinador internacional es el Centro Internacional para la Investigación Agrícola Orientada al Desarrollo (ICRA) en los Países Bajos (Reta-Mendiola *et al.*, 2011).

Los procesos de innovación rural se construyen sobre metáforas, las cuales sirven para generar comprensión de una realidad, también de premisas para expresar verdades que no necesitan ser demostradas (Salazar y Rosabal, 2007). Además, como recurso para enfrentar los desafíos

económicos del mundo globalizado, es aliado para garantizar la seguridad alimentaria en la sociedad con base en la innovación.

La investigación acción participativa (IAP) resulta de la necesidad de cubrir aquellos aspectos no abordados por la corriente epistemológica empirista (Rahman y Fals, 1992). Siendo un método que resulta en la transformación social a través del intercambio de saberes locales, académicos, científicos, para la producción de conocimiento y la cohesión social. Para luego llegar a la emancipación de los grupos desfavorecidos y desprotegidos por la globalización. A la vez este enfoque niega la separación de sujeto-objeto donde la participación va más allá de la preocupación, para encontrar el apoyo reflexivo de sus objetivos, siendo fundamental el desarrollo del ser humano (Melero, 2011).

Por lo tanto, la IAP está sustentada en la teoría psicosocial del psicólogo Kurt Lewis de la década de los 40, en sus trabajos sobre la modificación de los hábitos alimenticios de la sociedad de Estados Unidos, con el propósito de resolver problemas prácticos y urgentes ante la escasez de alimentos (Suárez, 2002; Balcazar, 2003).

En los últimos años diversas investigaciones han llegado a la conclusión que la desigualdad social, económica y política era reflejo de la falta de información entre las poblaciones, así como la desigualdad en el poder. Por lo que en la actualidad dicha teoría persigue elevar la calidad de vida de las poblaciones y el ingreso. Además del bienestar, erradicar la injusticia social, promover la reforma agraria, libertad de expresión, establecimiento de centros comunitarios para la recreación y entretenimiento. Propiciando así una sociedad más equitativa y participativa (Martínez, 2009; Colmenares, 2012).

El Modelo de Intervención Social (MIS) se fundamenta en la teoría de la modernización, la cual sugiere que tras los problemas de desarrollo subyacen problemas de déficit cultural y de información. Además, Forero *et al.* (2013) observaron que la cultura era el obstáculo en la adopción de actitudes y comportamientos modernos. Este es uno de los principales aspectos en los procesos de adopción, porque las personas tienden a conservar sus tradiciones, lo cual no debe considerarse como obstáculo sino utilizarlo a favor para combinar ambos saberes.

6.6.2. Análisis, contrastación y resultados positivos de los enfoques

El PIR involucra a personas, asociaciones, instituciones, iniciativas de desarrollo rural sustentable de América Latina con la finalidad de lograr el progreso personal y del territorio (Salazar y Rosabal, 2007). Además, se basa en la articulación de saberes y conocimientos, donde la confianza y el potencial humano son básicos para desarrollar formas de libertad; así como la creatividad, donde el trabajo colectivo construye la innovación. Por lo tanto, se trata de un fenómeno procesual con cambios que se caracterizan por ser caóticos, recursivos y regresivos, que en ocasiones logran avances positivos (Salazar y Rosabal, 2007).

Para este enfoque, la innovación se considera como un proceso social emergente de procesos múltiples y con la capacidad de generar nuevos conocimientos. Por lo tanto, la innovación es una creación colectiva que incluye saberes heterodoxos, aprendizajes generalizables, nuevas formas de ser y saber hacer. Mientras que lo rural va más allá de un espacio físico, es un polo material y simbólico donde hay múltiples relaciones e independencias con lo urbano. Siendo así un espacio con diversos vectores culturales, sociales, económicos y políticos que transitan en ese continuo rural-urbano de manera complementaria y antagónica, definiendo la construcción de formas de vida (Salazar y Rosabal, 2007).

Este enfoque intenta recoger diferentes teorías de tipo social, económicas, metodologías e inclusive se apoya de otros enfoques. Para lo cual, su eje central es la investigación por parte de los especialistas, el facilitador que es un técnico, y las personas que son las encargadas de llevar a cabo la acción (Reta-Mendiola *et al.*, 2011). Cuya finalidad es propiciar el cambio de mentalidad para ver el mundo de manera diferente y así pensar, analizar e interactuar con otros mediante la organización, diseñando y desarrollando estrategias en proyectos. A su vez formando y fortaleciendo organizaciones para propiciar e incrementar el desarrollo local y regional (Reta-Mendiola *et al.*, 2011).

Por otra parte, en la IAP el papel del investigador es de agente facilitador que permite a personas organizarse y hacer uso de sus propios recursos (Greenwood, 2000). Es decir, partir de un esquema

elaborado de manera participativa, se busca unir la investigación y las acciones, para desarrollar proyectos productivos que ayuden a elevar su economía familiar y territorial.

El facilitador debe ser eficiente para desarrollar programas y estrategias fundamentadas a una realidad, tomando en consideración la naturaleza del problema, propósito de estudio, recursos financieros, equipo humano. Además, siempre tomando en cuenta que trabaja con personas que tienen desconfianzas y desmotivaciones. A su vez, es recomendable que las investigaciones se realicen a mediano plazo, para evitar decepciones en los grupos sociales (Martí, 2017).

La etapa inicial es la propia organización, que corresponde a un grupo promotor que se reúne con el investigador para tratar el problema pertinente (Balcazar, 2003). Es decir, la relación sujeto-objeto es inseparable, sus niveles de integración dependen de la naturaleza y objetivos de la investigación. Utiliza el método cuantitativo y cualitativo para realizar sus investigaciones, usa como primer método la observación y el diálogo para detectar la problemática.

Dentro de la fase de la investigación, es fundamental establecer prioridades y alternativas, ya que si es ambiciosa puede ocasionar incredulidad ante la gente con la cual se trabaja, es recomendable que los objetivos se cumplan en su totalidad. Mientras que los participantes juegan un papel con la historia, con sus experiencias, analizan sus problemáticas e identifican sus prioridades.

Con respecto a la acción, es importante que el investigador y los actores se planteen interrogantes para definir las prioridades, tales como: ¿cuándo se va a hacer? ¿dónde se va a hacer? ¿cómo se va a hacer? ¿quiénes lo harán? por medio de esos cuestionamientos se priorizan las necesidades de la comunidad. En la IAP la formación de equipos de trabajo es fundamental (Ander-Egg, 1990), porque permite concientizar y propiciar que los actores locales se adueñen de sus problemáticas y a la vez vayan adquiriendo la innovación. En esta misma fase aprenden a desarrollar la parte crítica, descubren su potencial, fomentan el liderazgo, identifican las causas que ocasionan sus problemas y posibles soluciones. Finalmente, la acción, donde los actores implementan soluciones prácticas a sus problemas, utilizando sus recursos, donde la solidaridad es relevante para lograr sus objetivos (Balcazar, 2003).

Dentro de las bondades de la IAP, está la participación de todas las personas sin importar edad, raza, etc. Su ideología, es que el ser humano debe tener las mismas oportunidades ante la vida, por lo cual busca la emancipación y liberación social; es fundamental la frase aprender a aprender (Balcázar, 2003). Por su parte, el grupo social es el encargado de promover su desarrollo, haciendo una conciencia crítica, transformando su vida, rompiendo así las barreras de la opresión, dando paso a la humanización (Rahman y Fals, 1992).

Las herramientas utilizadas en este enfoque son: Diagnósticos participativos, diálogos (reflexión, diálogos, acción), educación para adultos, planificación participativa, análisis, entrevistas, reuniones, seminarios, elaboración y planificación de proyectos. Además, se realiza triangulación tanto metódica, como de resultados, debido a que ayuda a la verificación de los mismos para mejor confiabilidad en la investigación (Lewin *et al.*, 1990). En este sentido la información recabada se analiza y se generan resultados, dándose a conocer por medio de la comunicación verbal, charlas, seminarios, asambleas, carteles, periódicos murales, volantes, teatro y dramatización (Ander-Egg, 1990). Así mismo, la IAP se preocupa por llevar a la acción la producción de alimentos, que respondan a necesidades inmediatas de las zonas rurales, así como petición de bienes y servicios hacia autoridades gubernamentales (Cárdenas, 2009).

El enfoque MIS se interesa en la conformación de cooperativas, asociaciones, inculcando valores, información actualizada y transferencia de la información por medio de la comunicación. Además, facilita la transferencia de tecnología y la adopción de innovaciones agrícolas (Cadena-Iñiguez *et al.*, 2010).

Por medio de la intervención social se pueden formar jerarquías personales en una estructura familiar y organizacional, sirviendo como justificación la responsabilidad y antigüedad de sus experiencias. A su vez, la puesta en marcha de sus proyectos favorece al desarrollo de la estructura de las familias. Por otra parte, aporta principios como es el derecho a la pertinencia, establece las diferencias entre dar y tomar, fortaleza y debilidad, así como el análisis de conciencia individual y grupal (Cadena-Iñiguez *et al.*, 2010).

Este enfoque utiliza una metodología integral para conformar los grupos, éstos pueden estar compuestos por diversos actores rurales, diferentes niveles de gobierno, empresarios e instituciones de educación superior, que a la vez establecen diálogos e intervenciones para resolver problemáticas (Cadena-Iñiguez *et al.*, 2010).

A través de la participación continua de los actores identifican las acciones pertinentes de la localidad, diseñan estrategias para orientar o renovar la toma de decisiones. Así mismo, identifican variables como ubicación, problemáticas, recursos disponibles, estatus de recursos, prioridades. Además de las problemáticas sociales, técnicas, económicas, valores culturales que frenan el desarrollo grupal y territorial. A partir del diagnóstico se conoce el potencial humano, del lugar y de los recursos, para diseñar los proyectos productivos que propicien el desarrollo económico local (Cadena-Iñiguez *et al.*, 2010).

Con el uso de los foros comunitarios se descubren las iniciativas pertinentes, con el mapeo de actores se identifican los potenciales humanos para implementar las micro y medianas empresas. Este enfoque se interesa por involucrar a los jóvenes, ya que los considera con el potencial para adquirir y promover la innovación. Así mismo por medio del fortalecimiento de la difusión y práctica se espera que la innovación permanezca en los grupos y sea transferida, que los productores con volúmenes pequeños se organicen para acceder a mercados nacionales (Aguirre-Cadena *et al.*, 2016).

Las experiencias exitosas de los enfoques analizados se muestran a continuación. En el caso de la IAP, en un trabajo realizado por la FAO se establecieron grupos para la producción de semillas de hortalizas y legumbres, que a través de talleres participativos se han intercambiado experiencias respecto al cultivo (Salcedo y Guzmán (2014). Al mismo tiempo se ha difundido el conocimiento de cómo establecerlos en el traspatio, traspasando hasta nivel de comunidades. A la vez promoviendo la equidad de género en los grupos de trabajo.

Por parte de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y el Proyecto Estratégico para la Seguridad Alimentaria (PESA) en zonas de alta marginación, se ha propiciado la donación de dinero para la adquisición de infraestructura, establecimiento de

cultivos de hortalizas y legumbres. Para lograrlo han intervenido técnicos y la gente con sus saberes locales, que juntos diseñan estrategias que son plasmadas en proyectos (Salcedo y Guzmán, 2014). Los impactos de estas innovaciones con los beneficiados, normalmente no se evalúan de manera sistemática en el tiempo, por lo tanto, el cambio en la calidad de vida es difícil de medir; sin embargo, se han reflejado cambios positivos (Zarazúa *et al.*, 2009). Sin olvidar que algunas personas en las zonas rurales carecen de actitudes emprendedoras y de liderazgo, lo cual dificulta la transformación del desarrollo personal (Villavicencio y Arvanitis, 1994). Existe deficiente evidencia registrada del impacto de este enfoque, debido a que no se han realizado evaluaciones con indicadores sociales y económicos de manera sistemática.

El enfoque PIR se ha implementado en el estado de Chiapas, México donde se han rescatado e intercambiado los saberes locales sobre la utilización de semillas de maíz. Para lo cual, se establecieron espacios de diálogo y establecimiento de parcelas demostrativas con variedades de maíz, obteniendo así mayor cantidad de variedades adaptadas a diversos climas y suelos. De manera tal, que a la fecha se han integrado alrededor de 1200 productores en 40 municipios, con la finalidad de obtener la seguridad alimentaria con base en este grano para sus familias (Salazar y Rosabal, 2007).

En el estado de Puebla, México los productores dedicados al cultivo del chile poblano han obtenido beneficios con el rescate de fenotipos resistentes a enfermedades, causadas por hongos de los géneros *Phytophthora*, *Fusarium* y *Rhizoctonia*, así como nematodos e insectos. Esto se logró a través de los espacios de diálogo, diagnósticos participativos del saber local y del conocimiento de especialistas. Con base en esto han logrado el establecimiento de un almácigo, dos invernaderos con tecnología apropiada, con valor de 24 000 dólares. Incluso han adicionado valor agregado a la producción del picante, incrementado de manera sustancial la economía familiar y del territorio (Salazar y Rosabal, 2007).

Otro caso ha sido en el estado de Morelos, México con la participación de Colegio de Postgraduados, Fundación Produce del estado de Morelos A, C y personas interesadas, se formaron grupos para el mejoramiento de la producción de *Pterophyllum scalare* o pez ángel de ornato y la producción *Oreochromis niloticus* (tilapia). Además, realizaron capacitaciones a productores,

talleres participativos, diplomados a técnicos, así como un manual para la producción de ambos organismos. A pesar de que desarrollaron indicadores para conocer el índice de adopción de tecnología, después de años estas innovaciones no han tenido el éxito esperado, debido a múltiples fallas técnicas por parte de los productores, instituciones gubernamentales y las cadenas de comercialización (Reta-Mendiola *et al.*, 2011). En términos generales, algunas limitaciones son consecuencia de la idiosincrasia de las personas de las zonas rurales, debido a la dependencia que tienen hacia el facilitador para continuar sus proyectos; también el paternalismo hacia el gobierno y la falta de liderazgo para desarrollar canales de comercialización.

En el Modelo de Intervención Social, algunas de las experiencias positivas es la de formación y fortalecimiento de empresas rurales en el estado de Veracruz, como son de ecoturismo, producción y exportación de *Litchi chinensis* Sonn, L, velillo de *Musa paradisiaca* L y follaje de *Chameadora elegans* Mart y *Chameadora tepejilote* Libm, producción de *Anturium andreanum* Lind de corte y hojas de *Zea mays* L. Así mismo, en otros estados como en San Luis Potosí la producción de *Sechium edule* Jacq. SW, en el Estado de México la producción de hortalizas orgánicas, semilla mejorada de *Zea mays*, cultivo de *Opuntia ficus indica* Mill, y producción de *Oryctolagus cuniculus* L. y en Tabasco la producción de tubérculos (Cadena-Iñiguez *et al.*, 2010). Sin embargo, no existen estudios que a través de indicadores económicos reflejen el impacto de la transferencia de la tecnología a los grupos organizados y del territorio. Existen pocas evidencias del impacto de los grupos organizados, debido a la falta de evaluaciones periódicas con base a indicadores económicos, sociales y tecnológicos.

6.6.3. Limitaciones de los tres enfoques participativos

Se necesita de la capacidad por parte de los usuarios para generar grupos de trabajo, así como identificar sus prioridades, además de contar con un facilitador para liderar grupos participativos en la ejecución de proyectos productivos, pero sobre todo que desarrollen en los grupos de trabajo la capacidad de continuar con las actividades por si solos, esto es, sin la supervisión y/o el apoyo de los facilitadores o el gobierno. Los resultados de cómo trabajar con la gente, algunas ocasiones no se miden, por lo que se puede carecer de los impactos por medio de los indicadores sociales, económicos. Sin embargo, grupos sociales han resultado favorecidos a través de las acciones de

los enfoques participativos, porque han propiciado seguridad alimentaria, desarrollo personal y regional.

6.6.4. Propuesta del modelo participativo de transferencia de tecnología agrícola

Con base en este análisis de los éxitos y limitaciones de los modelos investigación-acción participativa, intervención social y los procesos de innovación rural, así como de su sustento teórico y metodológico se realiza el planteamiento, integrando de las mejores características de cada enfoque y las retroalimenta con aspectos no considerados en ellos. Esto genera el modelo participativo de transferencia de tecnología agrícola que a continuación se describe.

La agricultura es un proceso de crecimiento continuo, que junto con los agroecosistemas necesita reinventarse constantemente, debido a la demanda de la sociedad de diversos productos (Fuentes *et al.*, 2018). De ahí que los investigadores, deben recurrir al enfoque teórico, para comprender el proceso de conocimiento, demostración y adopción de las nuevas tecnologías, al mismo tiempo respetando los valores culturales (Cáceres, 1995; Sagastume *et al.*, 2006).

Las fortalezas de los tres enfoques radican en que los proyectos se diseñan de manera participativa con los investigadores, personas, líderes de la comunidad y servidores políticos (Roldán-Suárez *et al.*, 2018). Los proyectos productivos se diseñan en función de sus capacidades humanas, insumos y recursos naturales. Los cuales responden a la necesidad de subsistencia de los productores, así como del mercado local y regional (Balcazar, 2003).

Por otra parte, los cambios en la actitud y el comportamiento de las personas propician el desarrollo de liderazgo personal y grupal, que da como resultado cambio en la calidad de vida a nivel familiar, local y territorial (Ander-Egg, 1990).

Es necesario desarrollar el liderazgo en los grupos organizados, así como el intercambio de saberes que adquieren a través de la capacitación y experiencia (León *et al.*, 2009). Para que otros grupos puedan desarrollar las capacidades productivas (Cadena-Iñiguez *et al.*, 2010). También es necesario considerar el entorno del productor, esto es, que tiene familia y necesidades que no están

consideradas en los proyectos, muchas veces estos factores influyen en su capacidad o posibilidad de continuar desarrollando las actividades comprometidas.

La transferencia de tecnología agrícola además de hacer uso de las herramientas participativas, también debe usar los medios de comunicación como la radio, televisión, periódico, redes sociales para agilizar los procesos de adopción; incluyendo la participación activa de los líderes de opinión y masas (Galindo *et al.*, 2001). Siendo éstos últimos un factor determinante para reunir el máximo número de individuos, a los cuales mediante la aceptación de las innovaciones se les puede cambiar la calidad de vida (González, 2004).

La transferencia de tecnología agrícola debe desarrollar en los productores agrícolas el liderazgo para abrir canales de comercialización de sus productos, abandonar el paternalismo hacia el gobierno y minimizar la dependencia del facilitador para continuar sus proyectos productivos. Así mismo, la transferencia de tecnología debe evaluar de manera periódica los efectos positivos y negativos de sus innovaciones en los productores agrícolas. Así como replantear las estrategias de adopción tecnológica en caso de ser necesario, para minimizar los tiempos en sus procesos de adopción.

Por lo que es necesario en primera instancia conocer de manera puntual los recursos humanos, naturales, económicos, calidad de insumos con los que cuentan los productores; seguidamente de la búsqueda de la asesoría especializada por parte de un investigador. A su vez, organizar los grupos y de manera participativa desarrollar las estrategias, objetivos, comisiones y actividades de los proyectos productivos agrícolas (Rodríguez-Espinosa *et al.*, 2016).

Por otra parte, la utilización de los medios de comunicación facilitará la difusión de los productos agrícolas producidos. Así mismo, implementar valor agregado y diseño de imagen de los productos, para garantizar su posicionamiento inmediato en el mercado y formalizar relaciones comerciales con empresas de bienes y servicios (Koschatzky, 2002; Deschamps-Solórzano *et al.*, 2016). En cuanto a la evaluación es necesario se realice de manera constante, basada en indicadores económicos y sociales con la finalidad de rediseñar estrategias en la estructura de la organización y la comercialización de los productos (de Oslo, 2005; Zarazúa *et al.*, 2009).

Se considera que los cambios de la actitud y del comportamiento de los integrantes de la organización, tendrían como respuesta el incremento de la calidad de vida personal y grupal, a nivel comunidad y del territorio.

La transferencia de tecnología debe involucrar a los beneficiarios para que sean ellos quienes indiquen la problemática que desean se resuelva. El involucramiento de los beneficiarios generará un empoderamiento de la innovación y por lo tanto, continuará aunque las instituciones ya no estén presentes. Las innovaciones deben incluir estudios de mercado, valor agregado, difusión y evaluaciones periódicas para modificar lo que sea necesario, en el momento oportuno.

Además de considerar los aspectos culturales en las innovaciones, se debe considerar el entorno familiar y social del productor para que no sean la causa de falla de los proyectos productivos.

7. CONCLUSIONES

La mortalidad total causada por las tres cepas de *Metarhizium anisopliae* en *Galleria mellonella* y *Metarhizium anisopliae* no presentaron diferencias estadísticas.

La cepa Mamc de *Metarhizium anisopliae* fue la que presentó la mayor mortalidad (100%) en menos tiempo, en *Galleria mellonella* a los ocho días, mientras que en *Spodoptera frugiperda* fue a los 14 días.

El porcentaje de mortalidad en campo fue superior al 70%, el cual es adecuado en sistemas de control biológico en cultivos de importancia agrícola.

Los productores de la comunidad de La Bandera de Juárez y Las Trancas del municipio de Paso de Ovejas, así como de la comunidad de El Cocuite del municipio de Tlalixcoyan, tuvieron una actitud positiva ante el uso de *Metarhizium anisopliae* para el control del gusano cogollero del maíz, en la zona centro del estado de Veracruz. Además, no se encontró correlación de la edad y nivel de escolaridad con el conocimiento y el uso del hongo *M. anisopliae* para el control del gusano cogollero del maíz. Los modelos de transferencia son una construcción social, así mismo

es el medio por el que se vinculan investigadores, centros de investigación, políticos, líderes y productores para elaborar de manera participativa proyectos productivos encaminados al desarrollo personal y grupal de los productores.

Los modelos de transferencia deben incluir una evaluación a través de indicadores económicos, tecnológicos, sociales y familiares para conocer su impacto en el medio social en el cual se desarrollan. Para que la transferencia de tecnología agrícola sea más rápida en los productores debe incluir a agentes políticos y los diversos medios de comunicación.

8. LITERATURA CITADA

- Abbott W., S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology* 18:265-267.
- Aceytuno M., T. y F. R. Cáceres. 2012. Los modelos europeos de transferencia de tecnología universidad-empresa. *Revista de economía mundial* 31: 215-238.
- Acuña J. M., C. García G, N. M. Rosas G, M. López M. y J. C. Sainz H. 2015. Formulación de *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin con polímeros biodegradables y su virulencia contra *Heliothis virescens* (Fabricius). *Revista internacional de contaminación ambiental* 31: 219-226.
- Aguilar P., G. 1980. Apuntes sobre el control biológico y el control integrado de las plagas agrícolas en el Perú. *Revista peruana de entomología* 23: 83-101.
- Aguirre-Cadena J., F., J. B. Cadena-Iñiguez, B. Ramírez-Valverde, B. I. Trejo-Téllez, J. Juárez P. y F. J. Morales-Flores. 2016. Crop diversification in coffee plantations as a development strategy. Amatlan case. *Acta Universitaria* 26:1: 30-38.
- Aguirre, F. 2012. El nuevo impulso de la extensión rural en América Latina. Situación actual y perspectivas. ed. RELASER, Chile. 53 p.
- Alatorre-Rosas R. y F. Hernández-Rosas. 2015. Mosca pinta, *Aeneolamia* spp. y *Prosapia* spp. (Hemiptera: Cercopidae). *In: Arredondo-Bernal, H.C, L. A. Rodríguez-Del Bosque (eds.), Casos de Control Biológico en México, Vol. 2. ed. Fundación Colegio de Postgraduados, México. pp. 141-169.*
- Allport, F. 1974. El problema de la percepción. ed. Nueva Visión, Buenos Aires. 81 p.

- Alves F., M., C. C. Bernardo, F. R. S. Paixão, L. P. Barreto, C. Luz, R. A. Humber., and E. K. K. Fernández. 2017. Heat-stressed *Metarhizium anisopliae*: Viability (*in vitro*) and virulence (*in vivo*) assessments against the tick *Rhipicephalus sanguineus*. *Parasitology Research* 116: 111-121.
- Alves, S. B. 1986. Controle microbiano de insectos. ed. Manole, Brasil. 407 p.
- Alves S., B. 1998. Fungus entomopatogenicos. *In*: Alves S. B. (ed.). Controle microbiano de insetos. Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz (FEALQ). Piracicaba, Sao Paulo. pp: 289-381.
- Ander-Egg, E. 1990. Repensando la Investigación-Acción-Participativa. ed. Lumen Hvmanitas, Argentina. 151 p.
- Anderson, J. R., and G. Bower. H. 1973. Human associative memory. ed. Limusa, México. 524 p.
- Área C., P. F. 2001. O uso de fungos entomopatogênicos no Brasil. *Biotecnología Ciencia y Desembolvimiento* 22: 18-22.
- Arribas M. 2004. Diseño y validación de cuestionarios. *Matronas profesión* 5: 23-29.
- Badii M., H. y J. L. Abreu. 2006. Control biológico una forma sustentable de control de plagas. *Daena: International Journal of Good Conscience* 1:82-89.
- Báez H., A., C. A. Hernández. M, J. M. Perdomo V, R. Garcés G. y M. Alibet C. 2018. Modelo de gestión del conocimiento para el desarrollo agropecuario local. *Estudios Sociales (Hermosillo, Son)* 28: 1-15.
- Bahena-Juárez F., E. De Lange, K. Farnier, E. Cortez-Mondaca, R. Sánchez-Martínez, F. García Pérez, M. Miranda-Salcedo, T. Degen, B. Gaudillat y R. Aguilar-Romero. 2010. Parasitismo en gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en el centro de México. *In*: Memorias del XXXIII Congreso Nacional de Control Biológico. 07-12 de noviembre. Uruapan, Michoacán., México. pp: 204-209.
- Balcazar F., E. 2003. Investigación acción participativa (IAP): Aspectos conceptuales y dificultades de implementación. *Fundamentos en humanidades* 4: 59-77.
- Banco Mundial. 2007. Informe sobre el desarrollo mundial agricultura para el desarrollo. Panorama general. *Aportes* 12: 135-168.
- Barbosa T., D. S., D. J. de Andrade, R.A. Polancyk., and R. Teixeira D. 2018. Susceptibility of *Tetranychus ogmophallos* (Acari: Tetranychidae) to *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae*. *Florida Entomologist* 101: 249-253.

- Barnes S., E., and, D. Moore. 1997. The effect of fatty, organic or phenolic acids on the germination of conidia of *Metarhizium flavoviride*. *Mycological Research* 101: 662-666.
- Barón F., N. y J. M. Ángulo. 2003. El gusano cogollero del maíz (*Spodoptera frugiperda*. Smith). ed. Fotomecánica, Colombia. 26 p.
- Bautista-Gálvez A. y N. González-Cortes. 2005. *Metarhizium anisopliae* en mosca pinta en caña de azúcar. *Universidad y Ciencia* 41: 37-40.
- Bernardo C., C., P. Barreto L, D. S. R. Silva C, C. Luz, W. Arruda., and K. K. Fernández É. 2018. Conidia and blastopores of *Metarhizium* ssp. and *Beauveria bassiana* s. l.: Their development during the infection process and virulence against the tick *Rhipicephalus microplus*. *Ticks and Ticks-borne Diseases* 9: 1134-1342.
- Bisset J., A. 2002. Uso correcto de insecticidas: control de la resistencia. *Revista Cubana de Medicina Tropical* 54: 202-219.
- Blanco N. y E. Alvarado M. 2005. Escala de actitud hacia el proceso de investigación científico social. *Revista de Ciencias Sociales* 11: 537-544.
- Blanco N. 2000. Instrumentos de recolección de datos primarios. ed. Dirección de Cultura. Universidad de Zulia. Venezuela. 30 p.
- Bonfil B., G. 1991. Pensar nuestra cultura. Ensayos. ed. Alianza, México. 172 p.
- Bordenave J., E. D. 1983. La transferencia de tecnología apropiada al pequeño agricultor. *Revista Interamericana de Educação de Adultos* 3: 75-102.
- Bozeman, B. 2000. Technology transfer and public policy: A review of research and theory. *Research Policy* 29: 627-655.
- Brechelt, A. 2010. El manejo ecológico de plagas y enfermedades. ed. Red de acción de plaguicidas y sus alternativas para América Latina (RAP-AL), Chile. 36 p.
- Breckler S., J. 1984. Empirical validation of affect, behavior, and cognition as distinct components of attitude. *Journal of personality and social psychology* 47:1191-1205.
- Brownbridge M., S. Costa., and S. Jaronski. 2001. Effects of *in vitro* passage of *Beauveria bassiana* on virulence to *Bemisia argentifolii*. *Journal of Invertebrate Pathology* 77: 280-283.
- Brunner-Mendoza C., M. R. Reyes-Montes, S. Moonjely, M. J. Bidochka and C. Toriello. 2019. A review on the genus *Metarhizium* as an entomopathogenic microbial agent with emphasis on its use and utility in Mexico. *Biocontrol Science and Technology* 29: 83-102.

- Burns T. D., T. J. White., and J. W. Taylor. 1991. Fungal molecular systematics. *Annual Review of Ecology and Systematics* 22: 525- 564.
- Bustillo A., E. y P. Marín. 2002. ¿Cómo reactivar la virulencia de *Beauveria bassiana* para el control de la broca del café? *Revista Manejo Integrado de Plagas Costa Rica* 63: 1-4.
- Bustillos-Rodríguez J., C., C. Ríos-Velasco, D. I. Berlanga-Reyes, C. H. Acosta-Muñiz, M. F. Ruiz-Cisneros y M.A. Salas-Marina. 2015. Reporte preliminar de identificación molecular de *Beauveria* spp. y *Metarhizium* spp. patogénicos al chapulín gordinflón *Brachystola magna* Girald (Orthoptera: Romaleidae) en Chihuahua, México. *Entomología Mexicana* 2: 247-252.
- Caballero R., D. H. Habeck, K. L. Andrews. 1994. Clave ilustrada para larvas de Noctúidos de importancia económica de El Salvador, Honduras y Nicaragua. *CEIBA* 35: 225-237.
- Cáceres D., M. 1995. Pequeños productores e innovación tecnológica: Un abordaje metodológico. *Agro Sur* 23: 127-139.
- Cadena-Iñiguez J., A. Martínez-Becerra, G. López-Romero, B. I. Trejo Téllez, K. A. Figueroa Rodríguez, D. Talavera-Magaña. y F. Hernández-Rosas. 2010. El proceso de investigación-vinculación (I+V) para la asociación empresarial en los núcleos agrarios. *Agroproductividad* 3: 23-30.
- Caetano de O., A., y S. Mendoza M. 1992. Consideraciones técnicas y metodológicas de la transferencia de tecnología en el sector pecuario. *In*: F. Velarde García (Ed.). *Diplomado en extensión*. 26-29 de julio. Distrito Federal., México. pp: 46-48.
- Campos F., F. 2010. Los nuevos modelos de gestión de las empresas mediáticas. *Estudios sobre el mensaje periodístico* 16: 13-30.
- Cárdenas G., G. I. 2009. Investigación participativa con agricultores: Una opción de organización social campesina para la consolidación de procesos agroecológicos. *Revista Luna Azul* 29: 95-102.
- Carrillo-Rayas M., T. y A. Blanco-Labra. 2009. Potencial y algunos de los mecanismos de acción de los hongos entomopatógenos para el control de insectos plaga. *Acta universitaria* 19: 40-49.
- Casmuz A., M. L Juárez, M. G. Socías, M G. Murúa, S. Prieto, S. Medina, E. Willink. y G. Gastaminza. 2010. Revisión de los hospederos del gusano cogollero del maíz, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina* 69: 209-231.
- Castro-Martínez E., I. Fernández de Lucio, A. Gutiérrez-Gracia. y M. J. Añón. 2001. La estrategia de dinamización en la cooperación investigación-empresa: Desarrollo conceptual y aplicaciones. ed. ALTEC, Costa Rica. pp: 1-18.

- Casas C., M. 1999. Cambio de actitudes en contextos interculturales en Barcelona: Actividades lúdicas y modificación de prejuicios. Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales 44. <http://www.ub.edu/geocrit/sn-44.htm>
- Castro M., E., I. Fernández de L., M. Pérez M. y F. Criado B. 2008. La transferencia de conocimientos desde las humanidades: Posibilidades y características. Arbor Ciencia, Pensamiento y Cultura 732: 619-636.
- Cazau P. 2002. Categorización y operacionalización. Apuntes sobre metodología de la investigación 3: 1-8.
- Chan-Cupul W., E. Ruiz-Sánchez, J. Cristóbal-Alejo, A. Pérez-Gutiérrez, R. Munguía-Rosales. y J. Lara-Reyna. 2010. Desarrollo *in vitro* de cuatro cepas nativas de *Paecilomyces fumosoroseus* y su patogenicidad en estados inmaduros de mosquita blanca. Agrociencia 44: 587-597.
- Cloutier J. 2003. Qu'est-ce que l'innovation sociale?, Collection Étu- des Théoriques número ET0314. ed. Centre de Recherche Sur les Innovations Sociales, Canadá. 46 p.
- Coll C. 1979. El concepto de desarrollo en psicología evolutiva: Aspectos epistemológicos. Infancia y Aprendizaje 2: 60-73.
- Colmenares E., A. M. 2012. Investigación-acción participativa: Una metodología integradora del conocimiento y la acción. Voces y Silencios: Revista Latinoamericana de Educación: 102-115.
- Correa N. y C. Ruiz. 2008. Psicología Ambiental Evolutiva: Construyendo un punto de encuentro. Medio Ambiente y Comportamiento Humano 9:1-11.
- Cruz-Avalos A., C. Cruz-Vázquez, R. Lezama-Gutiérrez, I. Vitela-Mendoza. y C. Ángel-Sahagún. 2015. Selección de aislados de hongos entomopatógenos para el control de *Rhipicephalus microplus* (Acari: Ixodidae). Tropical and Subtropical Agroecosystems 18: 175-180.
- Dávila M., K. Zambrano., y M. A. Castillo 2001. Uso de la técnica Rapd para la Identificación de fragmentos de ADN posiblemente relacionados con virulencia en hongos entomopatógenos. Bioagro 13: 93-98.
- de Oslo M. 2005. Guía para la recogida e interpretación de datos sobre innovación. 3ª. ed. Organización de la Cooperación y Desarrollo Económicos. Oficina de Estadística de las Comunidades Europeas, Luxembourg. 151 p.
- Deaton M., L. and J. J. Winebrake. 2012. Dynamic modeling of environmental systems. ed. Springer Science & Business Media, USA. 191 p.
- De Azevedo A., G. C, J. Eilenberg, M. Steinwender B, L. Sigsgaard. 2019. Non-target effects of *Metarhizium brunneum* (BIPESCO 5/F 52) in soil show that this fungus varies between

- being compatible with, or moderately harmful to, four predatory arthropods. *Biological Control* 131: 18-34.
- Del Rincón-Castro M., C., J. Méndez-Lozano. y J. E. Ibarra. 2006. Caracterización de cepas nativas de *Bacillus thuringiensis* con actividad insecticida hacia el gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Folia Entomológica Mexicana* 45: 157-164.
- Deschamps-Solórzano L., O. Gómez-Luengo, M. León, M.V. Barila. y N. Vázquez. 2016. Cosechando innovación. Un modelo de México para el mundo, maíz y trigo. México: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (No. IICA E14) IICA. ed. ICCA, México. 135 p.
- Devine M., D., T. E. James. Jr., and, T. I. Adams. 1987. Government supported industry-university research centers: Issues for successful technology transfer. *Journal of Technology Transfer* 12: 27-37.
- Díaz B., J. E. 1983. La transferencia de tecnología apropiada al pequeño agricultor. *Revista Interamericana de Educação de Adultos* 3:75-102.
- Díaz P., M., F. Macías, A. R. Navarro S, M. De La Torre. 2006. Mecanismo de acción de los hongos entomopatógenos. *Interciencia: Revista de Ciencia y Tecnología de América* 31: 856-860.
- Dimbi S., N. K. Maniania, S. A. Lux., and J. M. Mueke. 2004. Effect of constant temperatures on germination, radial growth and virulence of *Metarhizium anisopliae* to three species of African tephritid fruit flies. *BioControl* 49: 83-94.
- Dosi G. 1982. Technological paradigms and technological trajectories: A suggested interpretation of the determinants and directions of technological change. *Research Policy* 11: 147- 162.
- Eagly A. H., and F. Chaiken S. 1993. The psychology of attitudes. *Psychology & Marketing* 12: 459-466.
- Embrater. 1979. Capacitacao inicial de extensionists rurais. Diretrizes gerais. ed. Empresa Brasileira de Assistencia Tecnica e Extensao Rural, Brasil. 60 p.
- Estrada-Vélez M., N., P. E. Vélez-Arango, E. C. Montoya-Restrepo. y A. E. Bustillo-Pardey. 1999. Esporulación, germinación y patogenicidad de aislamientos monoespóricos de *Beauveria bassiana*. *Cenicafé* 50: 49-65.
- Etzkowitz H., and L. Leydersdorff. 2000. The dynamics of innovation: From National Systems and “Mode 2” to a Triple Helix of university-industry-government relations. *Research Policy* 29: 109-123.

- Ferlie E., and M. Wood. 2003. Novel Modes of knowledge production? Producers and consumers in health services research. *Journal of Health Services Research and Policy* 8: 51-57.
- Fernández N., V. Vicianá. y A. Drovandi. 2003. Valoración del impacto ambiental total por agroquímicos en la cuenca del río Mendoza. ed. OEI/DGI, Argentina. 14 p.
- Fernández I., E. Castro E, F. Conesa F. y A. Gutiérrez. 2000. Las relaciones Universidad-empresa: Entre la transferencia de resultados y el aprendizaje regional. *Revista Espacios* 21:1-17.
- Ferreira M. 2009. Cambio de actitudes sociales para un cambio de vida. Investigación Universidad Complutense de Madrid.). Recuperado de www.um.es/discatif/documentos/Actitudes_Cuenca09.pdf.
- Ferron P. 1975. Les champignons entomopathogenes: evolution des recherches au cours des dix dernières années. *El Harrach* 5:168-207.
- Fontecha G., R. Trabanino, B. Pérez-Borrero, P. Catalán, E. Aguilar, F. J. Gallego, A. M. Figueiras. y C. Benito. 2011. Caracterización molecular de aislados centroamericanos de *Beauveria bassiana* para el control de la broca del café. *Revista Ciencia y Tecnología* 8: 39-61.
- Forero C., C., A., G. H. Rojas C. y J. H Argüelles-Cárdenas. 2013. Capital social y capital financiero en la adopción de tecnologías ganaderas en zonas rurales alto andinas de Colombia. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 14: 149-163.
- Freed S., M. Ahmad S, M. B. Khan., and M. Naeem. 2012. Prevalence and effectiveness of *Metarhizium anisopliae* against *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae) in Southern Punjab, Pakistan. *Pakistan Journal of Zoology* 44: 753-758.
- Fuentes P., M. H., L. M. Rodríguez S, S. Pinheiro. y J. U. Macedas J. 2018. Más allá de las etiquetas: Más cerca de la agricultura. *Interdisciplina* 6: 113-127.
- Galindo G., G., H. Pérez T, C. López M. y A. Robles M. 2001. Estrategia de comunicación en el medio rural zacatecano para transferir innovaciones agrícolas. *Terra Latinoamericana* 19: 393-398.
- Gao Q., K. Jin, S.H. Ying, Y. Zhang, G. Xiao, Y. Shang, Z. Duan, X. Hu, X.Q. Xie, G. Zhou, G. Peng, Z. Luo, W. Huang, B. Wang, W. Fang, S. Wang, Y. Zhong, L.J. Ma, R. J. St. Leger, G. P. Zhao, Y. Pei, M.G. Feng, Y. Xia and C. Wang. 2011. Genome sequencing and comparative transcriptomics of the model entomopathogenic fungi *Metarhizium anisopliae* and *M. acridum*. *PLoS Genetics* 7: 1-18.
- García E. 1964. Clasificación climática Köppen, modificada por Enriqueta García. ed. Instituto de Geografía de la UNAM, México. pp: 171-191.

- García-Gutiérrez C. y M. B. González-Maldonado. 2013. Síntesis sobre el uso de bioinsecticidas y otros agentes de control biológico de plagas en México. *Vedalia* 14: 35-42.
- García J., E. 1993. Los plaguicidas y el combate de plagas agrícolas en Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 17: 121-133.
- García M., X., L. F. Villamizar, L. A. Torres. y A. M. Cotes. 2006. Efecto de subcultivos sucesivos de *Beauveria bassiana* sobre sus características y actividad contra *Premnotrypes vorax*. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica)* 77: 50-56.
- García N., G. y S. H. Tarango R. 2009. Manejo bioracional del gusano cogollero en maíz. Folleto técnico No. 30. INIFAP. ed. Cedel, México. 31 p.
- García-Pereyra J., G.N. Aviña-Martínez, A. A. Orozco-Flores. O. G. Alvarado-Gómez, M. García-Montelongo, G. Alejandro-Iturbide, J. N. Uribe-Soto. y H. Medrano-Roldan. 2014. Variabilidad de cepas de *Metarhizium anisopliae* var. *anisopliae* en base a polimorfismos de ADN amplificados al azar. *Phyton* 83: 37-43.
- Gaxiola J., A. S. 2000. Limitantes para el desarrollo y transferencia de tecnología agrícola en la región lagunera. *Revista Mexicana de Agronegocios* 4: 486-499.
- Geiger R., L., and C. Sá. 2005. Beyond technology transfer: US state policies to harness university research for economic development. *Minerva* 43:1-21.
- Gil J., M. 2000. Normas Internacionales de contabilidad y transferencia de tecnología. *Revista Legis del Contador* 6: 87-102.
- Giles, A. 1966. Investigación económica sobre producción y mercado. Un estudio en granjas avícolas de prestatarios del crédito supervisado en el Valle del Cauca, Bogotá, Colombia. ed. IICA, Colombia. 62 p.
- Gómez M., y J. C. Rodríguez. 2007. Transferencia de tecnología universidad-industrial en los Estados Unidos, 1997-2003. *Cimexus* 2: 21-35.
- González G., G. 2004. Estrategias de difusión de innovaciones agrícolas en México. *Revista Chapingo Series Zonas Áridas* 3: 73-79.
- González G., M. T., F. J. Posada F. y A. E. Bustillo, P. 1993. Bioensayo para evaluar la patogenicidad de *Beauveria bassiana* (Balls.) Vuill. sobre la broca de café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari). *Revista Colombiana de Entomología* 19: 123-130.
- Greenwood D., J. 2000. De la observación a la investigación- acción participativa: Una visión crítica de las prácticas antropológicas. *Revista de Antropología Social* 9: 27-49.

- Grijalba B., E. P., L. Villamizar R. y A. Cotes P. 2009. Evaluación de la estabilidad de *Paecilomyces* sp y *Beauveria bassiana* frente a la radiación ultravioleta. Revista Colombiana de Entomología 35: 1-6.
- Guerrero C. J., R. Carrillo L y., A. Aguilera P. 1999. Caracterización morfológica y germinación de cepas del hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* var *anisopliae*, asociado a larvas de escarabeidos y curculionidos. Agro sur 27: 23-34.
- Guerrero C., J., M. Mera K, H. Salvo G. y R. Carrillo L. 2000. Discriminación de cepas nativas chilenas del hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* var *anisopliae* con marcadores moleculares RAPD. Agro Sur 28: 1-12.
- Gutiérrez M., F. 2005. Teorías del desarrollo cognitivo. ed. McGraw-Hill, España. 353 p.
- Hajek A. E., and R. J. St. Leger. 1994. Interactions between fungal pathogens and insect hosts. Annual Review of Entomology 39: 293-322
- Harold F., M. 1999. In pursuit of the whole hypha. Fungal Genetics and Biology 27: 128-133.
- Heberlein T., A. 1989. Attitudes and environmental management. Journal of Social Issues 45: 37-57.
- Hernández S., R., C. Fernández C. y P. Baptista L. 1991. Metodología de la investigación. ed. McGraw-Hill, México. 284p.
- Hernández S., R., C. Hernández C. y P. Baptista. 2003. Metodología de la investigación. 3ª. ed. McGraw-Hil, México. 705p.
- Hillis, D. M., K. Mable B, A. Larson, K. Davis S., and A. Zimmer E. 1996. Nucleic acids IV: Sequencing and cloning. In: Hillis D., M., C. Moritz., and y K. Mable. K.(eds). Molecular Systematics. Sinauer Associates, Massachusetts. pp:321-281.
- Huss T. 1991. Transferencia de tecnología: El caso de la Fundación Chile. Revista de la CEPAL 43: 100-123.
- Ignoffo C., M. 1988. CRC handbook of natural pesticides, Part A. Entomogenous protozoa and fungi. ed. CRC Press Inc, USA. 243 p.
- Ignoffo C., M., A. H. McIntosh, C. García, M. Kroha., and J. M. Johnson. 1982. Effects of successive *in vitro* and *in vivo* passages on the virulence of the entomopathogenic fungus, *Nomuraea rileyi*. Entomophaga 27: 371-378.
- INAFED. 2018a. <http://siglo.inafed.gob.mx/enciclopedia/EMM30veracruz/municipios/30181a.html>. Consultado enero 2019
- INAFED. 2018b. <http://siglo.inafed.gob.mx/enciclopedia/EMM30veracruz/municipios/30181a>.

html. Consultado enero 2019

- Jacobson N., D. Butterill., and P. Goering. 2004. Organizational factors that influence University-Based researchers' engagement in knowledge transfer activities. *Science Communication* 25: 246-259.
- James, W. 1907. Pragmatism. A new name for some old ways of thinking. Un nuevo nombre para antiguos modos de pensar. ed. Alianza S. A, España. 258 p.
- Jaramillo J., L., E. C. Montoya, P. Benavides y. C. E. Góngora B. 2015. *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* para el control de broca del café en frutos del suelo. *Revista Colombiana de Entomología* 41:95-104.
- Jiang S., J. R. Fuxa., and G. Henderson. 2003. Effects of virulence, sporulation, and temperature on *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* laboratory transmission in *Coptotermes formosanus*. *Journal of Invertebrate Pathology* 84: 38-46.
- Kaimowitz D. y D. Vartanián. 1990. Nuevas estrategias en la transferencia de tecnología agropecuaria para el Istmo centroamericano. ed. IICA. Serie documentos de programas No. 20, Venezuela. 51 p.
- Keppanan R., S. Sivaperumal, L. C. Ramos A, M. Hussain, B. Steve B, C. Kanta D., and L. Wang. 2018. Isolation and characterization of *Metarhizium anisopliae* TK29 and its mycoinsecticide effects against subterranean termite *Coptotermes formosanus*. *Microbial Pathogenesis* 123: 52-59.
- Khalid A. H., M. A. A. Abdel-Rahman, A. Y. Abdel-Mallek, S. S. El-Mzraghy., and J. Ho J. 2012. Pathogenicity of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* against *Galleria mellonella*. *Phytoparasitica* 40: 117-126.
- Kline S., J., and N. Rosenberg. 1986. An over-view of innovation. In. R. Landau, and N. Rosenberg (eds.). *The positive Sum Strategy. Harnessing Technology for economic growth*. ed. The National Academy Press, Washington DC. 607 p.
- Klineberg O. 1988. *Psicología social*. ed. Fondo de Cultura Económica, México. pp: 451-470.
- Koschatzky K. 2002. *Fundamentos de la economía de redes. Especial enfoque a la innovación*. *Economía industrial* 346: 15-26.
- Lavis J., N., D. Robertson, J. M. Woodside, C. B. McLeod., and J. Abelson. 2003. How can research organizations more effectively transfer research knowledge to decision makers? *The Milbank Quarterly* 81: 221-248.
- Lazos E. y L. Paré. 2000. Miradas indígenas sobre una naturaleza entristecida: Percepciones del deterioro ambiental entre nahuas del sur de Veracruz. ed. Plaza y Valdés, S.A. de C.V, México. 220 p.

- Lecuona R., E. 1995. Microorganismos patógenos empleados en el control microbiano de insectos plaga. ed. INTA, Argentina. 338 p.
- Leger ST., R. J., A. K. Charnley., and R. M. Cooper. 1986. Characterization of cuticle-degrading proteases produce by the entomopathogen *Metarhizium anisopliae*. Archives of Biochemistry and Biophysics 253: 221-232.
- Le Grand M., and S. Cliquet. 2013. Impact of culture age on conidial germination, desiccation and UV tolerance of entomopathogenic fungi. Biocontrol Science and Technology 23: 847-859.
- Lemmon D. M., and N. N. Jonsson. 2008. Laboratory studies on Australian isolates of *Metarhizium anisopliae* as a biopesticide for the cattle tick *Boophilus microplus*. Journal of Invertebrate Pathology 97: 40-49.
- Lemus Y., A., G. M. Rodríguez, R. A. Cuervo, J. A. Durán V, C. L. Zuluaga. y G. Rodríguez. 2008. Determinación de la factibilidad del hongo *Metarhizium anisopliae* para ser usado como control biológico de la hormiga arriera (*Atta cephalotes*). Revista Científica Guillermo de Ockham 6: 91-98.
- León S., M., G. Ponjuán D. y D. Torres P. 2009. Panorámica sobre la medición del conocimiento organizacional. Acimed 19: 1-20.
- Lewin K., S. Tax, R. Stavenhagen, O. Fals. B, L. Zamosc, S. Kemmis. y A. Rahman. 1990. La investigación acción participativa inicios y desarrollos. ed. Magisterio, Colombia. 174 p.
- Lezama R., J. Molina, M. López, A. Pescador, E. Galindo, A. Ángel C. y A. C. Michel. 2005. Efecto del hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* sobre el control del gusano cogollero del maíz en campo. Avances en Investigación Agropecuaria 9:1-5.
- Li Z., S. B., Alves, D.W. Roberts, M. Fan, I. Delaliberar I, J. Tang, R. B. Lopes, M. Faria and D. E. N. Rangel. 2010. Biological control of insects in Brazil and China: History, current programs and reasons for their successes using entomopathogenic fungi. Biocontrol Science and Technology 20: 117-136.
- Lionberger H., F. 1960. The adoption of new ideas and practices: A summary of the research dealing with the acceptance of technological change in agriculture, with implications ... in facilitating such change (Classic Reprint). ed. Forgotten Books. USA. 182 p.
- Lipa J., J., and I. Slizynski K. 1973. Wskazówki metodyczne iterminologia dowyznaczenia snedniej dawki swiertelnej (LD50) W Patologii Owadow i toksykologii. Prace Naukowe Instytutu Ochrony Roslin 15: 59-83.
- López-Llorca L., V., and T. Carbonell. 1999. Characterization of Spanish strains of *Verticillium lecanii*. Revista Iberoamericana de Micología 16: 136-142.

- Lucero M., A. M., L. A. Peña V. y T. Bacca I. 2004. Evaluación de la actividad biocontroladora de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* sobre larvas de *Ancognatha scarabaeiodes* (Coleoptera: Scarabaeidae). *Revista Corpoica* 5: 43-49.
- Martí, J. 2017. La investigación-acción participativa. Estructura y fases. ed. QUIT, Grup d'Estudis Sociològics, España. pp: 1-27.
- Martínez M., M. 2009. Ciencia y arte en la metodología cualitativa. ed. Trillas, México. 351 p.
- Martínez D., J. P. 1998. Modelo CP de Transferencia de Tecnología Agrícola: "Desarrollo de los Agroecosistemas con papayo" Municipio de Paso de Ovejas, Veracruz. (1993-1997). Documento interno. Colegio de Postgraduados.
- Matabanchoy S., J. A., A. E. Bustillo P, U. Castro V, N. C. Mesa C. y C. A. Moreno G. 2012. Eficacia de *Metarhizium anisopliae* para controlar *Aeneolamia varia* (Hemiptera: Cercopidae), en caña de azúcar. *Revista Colombiana de Entomología* 38: 177-181.
- McGuire W., J. 1968. Personality and susceptibility to social influence. *Handbook of personality theory and research* 2: 1130-1187.
- Mead G., H. 1934. *Mind, self and society*. ed. University of Chicago, Press, Chicago, USA. 6 p.
- Melanie., M. Miranti, H. Kasmara, S. Hazar., and A. Martina. 2018. Insecticidal activities of crude extract of *Metarhizium anisopliae* and conidia suspension against *Crocidolomia pavonana* Fabricius. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 166: 1-9.
- Melero, A. N. 2011. Paradigma crítico y los aportes de la investigación acción participativa en la transformación de la realidad social: Un análisis desde las ciencias sociales. ed. Cuestiones pedagógicas-Universidad de Sevilla, España. pp: 339-355.
- Mena C., J., E. Pimentel V, L. Veloz G, A. T. Hernández, L. León, Y. Ramírez, I. Sánchez, J. D. Mencho, A. López, M. Pujol, C. Borroto, E. Ramos, J. M. Álvarez, M. Marín, G. Jiménez, G. García, V. M. Pico, M. Expósito, Y. Coca, M. Gómez, A. Olazabal, A. Hernández, V. Falcón, M. C. De la Rosa, I. Menéndez. y M. Raíces. 2003. Aislamiento y determinación de cepas bacterianas con actividad nematocida. Mecanismo de acción de *C. paurometabolum* C-924 sobre nematodos. *Biotecnología Aplicada* 20: 248-252.
- Mendoza-Lucas M., R. Alatorre R, F. Hernández R, H. González H. y C. Nava D. 2006. Susceptibilidad del piojo harinoso, *Planococcus citri* (Risso, 1913) (Hemiptera: Pseudococcidae) a productos micoinsecticidas. *Entomotropica* 21: 171-179.
- Messick S. 1989. Test validity: A matter of consequence. *Social Indicators Research* 45: 35-44.
- Ming-Guang F., J. B. Johnson., and L. P. Kish. 1990. Survey of entomopathogenic fungi naturally infecting cereal aphids (Homoptera: Aphididae) of irrigated grain crops in Southwestern Idaho. *Environmental Entomology* 19: 1534-1542.

- Ming Y., Q. Wei, K. Jin., and Y. Xia. 2014. MaSnf1, a sucrose non-fermenting protein kinase gene, is involved in carbon source utilization, stress tolerance, and virulence in *Metarhizium acridum*. *Applied Microbiology and Biotechnology* 98:10153-10164.
- Ministerio de Economía, Fomento y Turismo. 2010. Encuesta Nacional de Investigación y Desarrollo e Innovación. Antecedentes Metodológicos. ed, COPFO, Chile. pp: 10-50.
- Miranda F. y E. H. Xolocotzi. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 28. ed. SARH, México. pp: 29-179.
- Molero J. 2008. La transferencia de tecnología revisitada: Conceptos básicos y nuevas reflexiones a partir de un modelo de gestión de excelencia. *Arbor Ciencia, pensamiento y cultura* 184: 637-651.
- Moncada-Paternò-Castello P., J Rojo, F. Bellido, F. Fiore. y A. Tübke. 2003. Early identification and marketing of innovative technologies: A case study of RTD result valorization at the European Commission's Joint Research Centre. *Technovation* 23: 655-667.
- Moog V. 1981. *Bandeirantes e pioneiros*. ed. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira. 320 p.
- Moon K., S. A., and S. Mun. H. 2017. Mode of infection of *Metarhizium* spp. fungus and their potential as biological control agents. *Journal of Fungi* 3: 1-20.
- Motta-Delgado P., A. y B. Murcia-Ordoñez. 2011. Hongos entomopatógenos como alternativa para el control biológico de plagas. *Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science* 6: 77-90.
- Mowrer O., H. 1956. Two-factor learning theory reconsidered, with special reference to secondary reinforcement and the concept of habit. *Psychological Review* 63:114-128.
- Muñoz-Rodríguez M. y J. R. Altamirano-Cárdenas. 2008. Modelos de innovación en el sector agroalimentario mexicano. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo* 5: 185-211.
- Nadal, A. y Wise T. A. 2005. Los costos ambientales de la liberalización agrícola: El comercio de maíz entre México y EE. UU en el marco del NAFTA. *Globalización y medio ambiente: Lecciones desde las Américas*. pp: 49-92.
- Nájera-Rincón M., B., M. García M, L. Crocker R, V. Hernández-Velázquez. y L. A. Rodríguez del B. 2005. Virulencia de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*, nativos del occidente de México, contra larvas de tercer estadio de *Phyllophaga crinita* (Coleoptera: Melolonthidae) bajo condiciones de laboratorio. *Fitosanidad* 9: 33-36.
- Navarro F., R. 2005. Everett M. Rogers (1931-2004) y la investigación Latinoamericana de la comunicación. *Comunicación y sociedad* 4: 93-125.

- Nieto M., I., J. L. Riedel. y G. T. Vera. 2002. Percepciones y actitudes de pequeños productores de la región de los llanos de la Rioja, Argentina, sobre prácticas agrícolas de secano (chacras). *Revista de Desarrollo rural y Cooperativismo Agrario* 6: 193-204.
- Nishi O., K. Liyama, C. Yasunaga-Aoki., and S. Shimizu. 2013. Comparison of the germination rates of *Metarhizium* spp. Conidia from Japan at high and low temperatures. *Letters in Applied Microbiology* 57: 554-560.
- Nunnally, J., C., and H. Bernstein I. 1995. *Teoría Psicométrica*. 2ª. ed. McGraw- Hill, México. 843 p.
- Obando B., J. A., A. E. Bustillo P, U. Castro V. y N. C. Mesa C. 2013. Selección de cepas de *Metarhizium anisopliae* para el control de *Aeneolamia varia* (Hemiptera: Cercopidae). *Revista Colombiana de Entomología* 39: 26-33.
- Padilla-Melo G., N., M. G. Bernal-Uribe, P. E. Vélez-Arango. y E. C. Montoya-Restrepo. 2000. Caracterización patogénica y morfológica de aislamientos de *Metarhizium anisopliae* obtenidos de diferentes órdenes insectiles. *Cenicafé* 5: 28-40.
- Padua, J., I. Ahman, H. Apezechea. y C. Borsotti. 1979. *Técnicas de Investigación Aplicadas a las Ciencias Sociales*. ed. Fondo de Cultura Económica, México. 359 p.
- Petlamul W., and P. Prasertsan. 2012. Evaluation of strains of *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* against *Spodoptera litura* on the basis of their virulence, germination rate, conidia production, radial growth and enzyme activity. *Mycobiology* 40: 111-116.
- Polt W., C. Rammer, H. Gassler, A. Schibany., and D. Schartinger. 2001. Benchmarking industry-science relations: The role of framework conditions. *Science and Public Policy* 28: 247-258.
- Poprawski T., J., and W. N. Yule. 1991. Incidence of fungi in natural population of *Phyllophaga* spp. and susceptibility of *Phyllophaga anxia* (LeConte) (Col., Scarabaeidae) to *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* (Deuteromycotina). *Journal of Applied Entomology* 112: 359-365.
- Pucheta D., M., A. Flores M, S. Rodríguez N. y M. de la Torre. 2006. Mecanismo de acción de los hongos entomopatógenos. *Interciencia* 31: 856-860.
- Quilliam M., R. 1969. The teachable language comprehended. *Communications of the association for computing machinery* 12: 459-476.
- Quiroz G., I., A. Pérez V, C. Landeros S, V. Morales R. y R. Zetina L. 2011. Percepción y actitud de productores cañeros sobre la composta de cachaza y vinaza. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 14: 847-856.

- Rachappa V., S. Lingappa. y K. Patil R. 2010. Effect of agrochemicals on growth and sporulation of *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin. *Karnataka Journal Agricultural Science* 20: 410-413.
- Rahman A., A. y O. Fals B. 1992. La situación actual y las perspectivas de la investigación-acción participativa en el mundo. *La investigación-acción participativa. Inicios y desarrollos* 19: 14-20.
- Ramírez N. y M. Vilchez. 1997. Conocimientos, actividades y prácticas de plaguicidas en la población usuaria del departamento de Estelí. León Nicaragua. *Revista Colombiana de Entomología* 39: 26-33.
- Reta-Mendiola J., L., J. M. Mena-Guillermo, A. Asiain H. y C. A. Suárez-Santa Cruz. 2011. Manual de procesos de Innovación Rural (PIR) en la acuicultura. Una estrategia de transferencia de tecnología a través de Grupos de Crecimiento Productivo Simultaneo (GCPS) en el estado de Morelos. Morelos. ed. Fundación Produce del estado de Morelos, México. 48 p.
- Rivera G. y L. Pinto. 2011. Evaluación de patogenicidad de aislamientos nativos de hongos entomopatógenos sobre el gusano blanco de la papa, *Premnotrypes vorax* (Hustache). *Revista Colombiana de Biotecnología* 3: 53-65.
- Rizzo H. F. y F. R. La Rossa. 1993. Aspectos morfológicos y biológicos de la “oruga militar tardía” (*Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith)) (Lepidoptera.: Noctuidae). *Revista de la Facultad de Agronomía* 13: 193-199.
- Robles B., H. M. 2013. Subsidios al campo en México. Los pequeños productores y la política pública. ed. Subsidios al Campo. México. 28p.
- Rodríguez, G., J. Gil. y E. García. 2006. Metodología de la investigación cualitativa. ed. Félix Varela, Cuba. 245 p.
- Rodríguez M., A. France. y M. Gerding. 2004. Evaluación de dos cepas del hongo *Metarhizium anisopliae* var. *anisopliae* (Metsh.) para el control de larvas de gusano blanco *Hylamorpha elegans* Burm. (Coleoptera: Scarabaeidae). *Agricultura Técnica (Chile)* 64: 17-24.
- Rodríguez L., M. La O, M. Fonseca, F. Guevara, A. Hernández. y M. Jiménez. 2009. Extensionismo o innovación como proceso de aprendizaje social y colectivo. ¿Dónde está el dilema? *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 43: 387-394.
- Rodríguez L., J. A. y E. R. Lecuona. 2002. Selección de cepas de hongos entomopatógenos nativos para el control de la tucura *Rhammatocerus pictus* (Bruner) (Orthoptera: Acrididae). *Revista de Investigaciones Agropecuarias* 31: 67-84.
- Rodríguez, P. C. 2012. Psicología Social. ed. Red Tercer Milenio, México. 99 p.

- Rodríguez-Espinosa H., C. J. Ramírez-Gómez. y L. F. Restrepo-Betancur. 2016. Nuevas tendencias de la extensión rural para el desarrollo de capacidades de autogestión. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, Mosquera (Colombia) 17: 31-42.
- Rogers, E., M. 1995. *Diffusion of innovations*. ed. The Free Press, Nueva York. 447 p.
- Rokeach, M. 1980. Some unresolved issues in theories of beliefs, attitudes and values. *Nebraska Symposium on Motivation* 27: 261-304.
- Roldán-Suárez E., R. Rendón-Medel, T. C. Camacho-Villa. y J. Aguilar-Ávila. 2018. Gestión de la interacción en procesos de innovación rural. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, Mosquera (Colombia) 19: 15-28.
- Rombach C., M., R. A. Humber., and H. C. Evans. 1987. *Metarhizium album*, a fungal pathogen of leaf and planthoppers of rice. *Transactions of the British Mycological Society* 88: 451-459.
- Romero S., M, O. A. Bruzzone y E. G. Virila. 2010. Characterization of the earwig, *Doru lineare*, as a predator of larvae of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*: A functional response study. *Journal of Insect Science* 10: 2-10.
- Rosenberg, M., J. 1960. Cognitive, affective, and behavioral components of attitudes. *Attitude organization and change*. ed. Yale University Press, USA. pp: 1-14.
- Ruíz-Sánchez E., W. Chan-Cupul, A. Pérez G, J. Cristóbal-Alejo, B. Uch-Vázquez, J. M. Tun-Suárez. y R. Munguía-Rosales. 2011. Crecimiento, esporulación y germinación *in vitro* de cinco cepas de *Metarhizium* y su virulencia en huevos y ninfas de *Bemisia tabaci*. *Revista mexicana de micología* 33: 9-15.
- Sabater J., M. 1981. Sobre el concepto de actitud. *Anales de pedagogía* 7: 159-187.
- Sagastume N., R. Rodríguez, M. Obando, H. Sosa. y M. Fishler. 2006. Guía para elaboración de estudios de adopción de tecnologías de manejo sostenible de suelos y agua. ed. PASOLAC, Honduras. 29 p.
- Salazar L., L. y Y. Rosabal N. 2007. Procesos de innovación rural: Una mirada al desarrollo rural desde la reflexión y experiencia de América Latina. ed. Digesa Lara. Barquisimeto, Venezuela. 422 p.
- Salcedo S. y L. Guzmán. 2014. *Agricultura Familiar en América Latina y el Caribe: Recomendaciones de Política*. ed. FAO, Chile. 497 p.
- Salmahe P., R., I. Baldi, P. Brochard., and A. Saleh B. 2003. Pesticides in Lebanon: A knowledge, attitude, and practice study. *Environmental Research* 94: 1-6.
- SAS. 1985. Institute Inc. *SAS User's Guide*, version 5 Edition. Cary, North Carolina, U.S.A.

- Schmookler, J. 1966. Invention and economic growth. ed. Harvard University Press, USA. 332 p.
- Secretaría de Economía. 2019. <http://www.economia-sniim.gob.mx/Nuevo/>. Consultado 30 de enero 2019.
- Sherif, C., W., M. Sherif., and R. E. Nebergall. 1965. Attitude and attitude change: The Social Judgment involvement approach. ed. Saunders, USA. 264 p.
- Siegel D., S., D. A. Waldman., L. E. Atwater., and A. N. Link. 2004. Toward a model of the effective transfer of scientific knowledge from academicians to practitioners: Qualitative evidence from the commercialization of university technologies. *Journal of Engineering and Technology Management* 21: 115-142.
- Skrobek A. 2001. Investigations on the effect of entomopathogenic fungi on whiteflies. Dissertation, Institut für Pflanzenkrankheiten der. Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn. <http://hss.ulb.uniborm.de/diss_online/landw_fak/2001/skrobek_anke/text.pdf>
- Srinivasan R., S. Paola, M. -Y. Lin, H. Chhun H, K. Sareth., and S. Sor. 2019. Development and validation of an integrated pest management strategy for the control of major insect pests on yard-long bean in Cambodia. *Crop Protection* 116: 82-91.
- Suárez P., M. 2002. Algunas reflexiones sobre la investigación-acción colaboradora en la educación. *Revista electrónica de las ciencias*: http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen1/REEC_1_1_3.pdf
- Sushil S., N., D. Joshi, G. M. Tripathi, M. R. Singh, A. Baitha, D. C. Rajak., and S. Solomon. 2018. Exploring efficacious microbial bio-agents and insecticides against white grubs in sugarcane in Indo-Gangetic plains. *Sugar Tech* 20: 552-557.
- Tamez G., P., L. J. Galán W, H. Medrano R, C. García G, C. Rodríguez P, R. A. Gómez F. y R. S. Tamez G. 2001. Bioinsecticidas: Su empleo, producción y comercialización en México. *Ciencia UANL* 4:143-152.
- Tanzini M., R., S. Batista A, A. Setten. y N. Toschi A. 2001. Compatibilidad de agentes tensoactivos con *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)* 59: 15-18.
- Téllez-Jurado A., M. G. Cruz R, Y. Mercado F, A. Asaff T, y A. Arana-Cuenca. 2009. Mecanismos de acción y respuesta en la relación de hongos entomopatógenos e insectos. *Revista Mexicana de Micología* 30:73-80.
- Thompson V. y R. L. González. 2005. La identificación y distribución de los salivazos de la caña de azúcar y los pastos (Homóptera: Cercopidae) en Costa Rica. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica)* 75: 43-51.

- Toledo-Hernández R., A., J. Toledo., and D. Sánchez. 2018. Effect of *Metarhizium anisopliae* (Hypocreales: Clavicipitaceae) on food consumption and mortality in the mexican fruit fly, *Anastrepha ludens* (Diptera: Tephritidae). *International Journal of Tropical Insect Science* 38: 254-260.
- Torres S., L. J. y J. T. Díaz F. 2012. Compromiso organizacional: Actitud laboral asertiva para la competitividad de las organizaciones. *Formación Gerencial* 11: 80-102.
- Torres de la Cruz, M. 2006. Selección de aislamientos de *Metarhizium anisopliae* (Metch.) Sorokin, para el manejo del salivazo de la caña de azúcar en Tabasco, México. Tesis de Maestría en ciencias, Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. 98 p.
- Torres de la C. M., H. Cortez M., C. F. Ortiz G., S. Capello G. y M. Pérez D. 2014. Cepas monospóricas de *Metarhizium anisopliae* y su patogenicidad sobre *Galleria mellonella* en Tabasco, México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 5:171-180.
- Trigo E., J. y D. Kaimowitz. 1994. Investigación agrícola y transferencia de tecnología en América Latina en los años noventa. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, Brasília 11: 99-126.
- Trigo M., Y. y J. Montenegro L. 2002. El maíz en México: Biodiversidad y cambios en el consumo. *Análisis Económico* 17: 281-303.
- Tulloch M. 1976. The genus *Metarhizium*. *Transactions of the British Mycological Society* 66: 407-411.
- Ubillos, S., S. Mayordomo. y D. Páez. 2004. *Psicología social, cultural y educación*. ed. Pearson Educación, España. pp: 301-326.
- Vázquez A., A. y M. A. Manassero M. 1995. Actitudes relacionadas con la ciencia: Una revisión conceptual. *Enseñanzas de las ciencias* 13: 337-346.
- Vera J., T., E. C. Montoya, P. Benavides., and C. E. Góngora. 2011. Evaluation of *Beauveria bassiana* (Ascomycota: Hypocreales) as a control of the coffee berry borer *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) emerging from fallen, infested coffee berries on the ground. *Biocontrol Science and Technology* 21: 1-14.
- Vey A., J. Fargues., and P. Robert. 1982. Histological and ultrastructural studies of factors determining the specificity of pathotypes of the fungus *Metarhizium anisopliae* for the scarabeid larvae. *Entomophaga* 27: 387-397.
- Vielma V., E y. M. L. Salas. 2000. Aportes de las teorías de Vygotsky, Bandura y Bruner. *Paralelismo en sus posiciones en relación con el desarrollo*. *Educere* 3: 30-37.
- Villavicencio D. y R. Arvanitis. 1994. Transferencia de tecnología y aprendizaje tecnológico: Reflexiones basadas en trabajos empíricos. *El Trimestre Económico* 41: 257-279.

- Wander, Z. 1994. Manual de Psicología Social. ed. Paidós, España. 697 p.
- Wise, T., A. 2008. Estado de emergencia para el maíz mexicano. Proteger la agrobiodiversidad apuntalando la economía campesina. Desde los colores del maíz. Una agenda para el campo mexicano. Ed. Colegio de Michoacán, México. pp:167-198.
- Wittaker, J. O. 1979. La psicología social en el mundo de hoy. ed. Trillas, México. 677 p.
- Woodring, J. L., and H. Kaya K. 1988. Steinernematid and heterorhabditid nematodes: A handbook of biology and techniques. ed. Fayetteville, Ark.: Arkansas Agricultural Experiment Station, USA. 331 p.
- Yáñez M., and A. Frace. 2010. Effects of fungicides on the development of the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae* var. *anisopliae*. Chilean Journal of Agricultural Research 70: 390-398.
- Zambrano B., K., M. Dávila. y M. A. Castillo. 2002. Detección de fragmentos de ADN de hongos y su posible relación con la síntesis de proteínas de actividad entomopatógena. Revista Facultad Agronómica 19: 185-193.
- Zamora M., C., A. Mabel, M. S. Nieto, M. I. Schneider, J. I. Figueroa. y S. Pineda. 2008. Actividad de algunos insecticidas bioracionales contra el gusano cogollero. Revista Fitotecnia Mexicana 31: 351-357.
- Zarazúa J., A., J. L. Solleiro, R. Altamirano C, R. Castañón I. y R. Rendón M. 2009. Esquemas de innovación tecnológica y su transferencia en las agroempresas frutícolas del estado de Michoacán. Estudios sociales 17: 37-71.
- Zimmermann G. 2007. Review on safety of the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae*. Biocontrol Science and Technology 17: 879-920.

9. ANEXOS

9.1. Tríptico informativo sobre el uso de *Metarhizium anisopliae* para productores de maíz.

Recomendaciones de uso
La aplicación debe realizarse por la tarde o bien en días nublados. Preparada la mezcla, aplicarse antes de las cuatro horas. Asperjar en dirección del viento. Usar equipo de protección

Modo de preparación
Se mezcla agua con el adherente y la cantidad de hongo a utilizar. Agitar hasta que la mezcla quede homogénea.

Modo de aplicación
Es por medio de bomba de mochila o motor. Llenar la bomba y aplicar sobre la planta (se recomienda seguir las instrucciones de la etiqueta).

Informes

Dr. Francisco Osorio Acosta
Email: fosorioa@colpos.mx
MC. Alín Malpica Vázquez
Email: amalpica@colpos.mx

Colegio de Postgraduados
Campus Veracruz
Km. 88.5 Carretera Federal Xalapa-Veracruz (vía Paso de Ovejas, entre Puente Julia y Paso San Juan). Mpio de Manlio Fabio Altamirano, Veracruz. C.P. 91690.

Teléfono: 01 595 9520200
Ext: 76004
Fax: (229)9207285.
www.colpos.mx/cvveracruz

COLEGIO DE POSTGRADUADOS
INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS
CAMPUS VERACRUZ

**Bioinsecticidas:
*Metarhizium anisopliae***

Son microorganismos obtenidos de materiales naturales que controlan plagas agrícolas como el gusano cogollero del maíz.

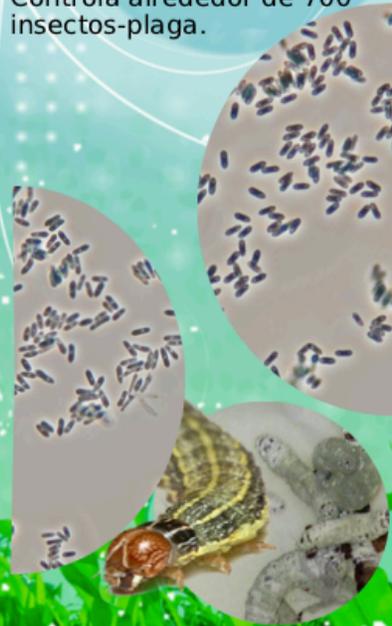
No representan riesgos para los humanos, animales domésticos y el ambiente.

CP Colegio de Postgraduados Campus Veracruz **COLPOS VER** Colegio de Postgraduados Campus Veracruz

Metarhizium anisopliae

Es un organismo vivo, donde las esporas son las unidades infectivas encargadas de causar enfermedad a insectos. Se utiliza como agente de control biológico.

Controla alrededor de 700 insectos-plaga.



Ventajas

- Es un producto biológico.
- Es amigable con el ambiente.
- Solo actúa en la plaga de interés.
- No daña la salud del ser humano.
- No causa resistencia en las plagas.
- No es tóxico.
- Es de fácil de aplicación.
- Es barato.



Plagas que controla

- Gusanos
- Gallina ciega
- Chapulines
- Alambrillo
- Garrapatas
- Mosca pinta, etc.



9.2. Cuestionario para valorar la actitud de productores de maíz sobre el uso de *Metarhizium anisopliae*.



La información que proporcione es confidencial y con la finalidad de elaborar un estudio sobre la “Actitud para la adopción del bioinsecticida a base de *Metarhizium anisopliae* para el control del gusano cogollero del maíz en la zona centro del estado de Veracruz” como parte del requisito para la obtener el grado de Doctor en Ciencias en el Colegio de Postgraduados Campus Veracruz.

CUESTIONARIO

ASPECTOS GENERALES Fecha: _____ No. de cuestionario _____

Nombre del productor: _____

Comunidad: _____ Ejido: _____ Municipio: _____

Sexo: _____ Edad: _____ Escolaridad: _____ No. teléfono: _____

Instrucción. Por favor, indique su grado de acuerdo o desacuerdo con las siguientes afirmaciones acerca del uso de bioinsecticida para el control de gusano cogollero del maíz. Señale su opinión teniendo en cuenta que: 1= Totalmente en desacuerdo; 2 = Algo en desacuerdo; 3 =Ni acuerdo, ni desacuerdo; 4= Algo de acuerdo; y, 5 = Totalmente de acuerdo.

1. El <i>Metarhizium anisopliae</i> es un bioinsecticida biológico	1	2	3	4	5
2. El uso de <i>Metarhizium anisopliae</i> es amigable con el ambiente	1	2	3	4	5
3. El <i>Metarhizium anisopliae</i> solo ataca al gusano cogollero del maíz	1	2	3	4	5
4. El <i>Metarhizium anisopliae</i> no afecta la salud de quien lo aplica	1	2	3	4	5
5. El uso de <i>Metarhizium anisopliae</i> reduce la plaga del gusano cogollero del maíz	1	2	3	4	5
6. El <i>Metarhizium anisopliae</i> es fácil de comprarlo	1	2	3	4	5
7. El <i>Metarhizium anisopliae</i> es fácil de aplicarlo en el cultivo de maíz	1	2	3	4	5
8. La acción de <i>Metarhizium anisopliae</i> es lenta en comparación con los insecticidas químicos	1	2	3	4	5
9. La aplicación de <i>Metarhizium anisopliae</i> se debe hacer por las tardes para mejor control del gusano cogollero	1	2	3	4	5

10. El producto a base de <i>Metarhizium anisopliae</i> no causa molestias en la piel, ojos y nariz	1	2	3	4	5
11. La presentación de <i>Metarhizium anisopliae</i> en polvo es más fácil para su aplicación	1	2	3	4	5
12. El color del <i>Metarhizium anisopliae</i> es atractivo	1	2	3	4	5
13. El olor de <i>Metarhizium anisopliae</i> es agradable	1	2	3	4	5
14. El precio del <i>Metarhizium anisopliae</i> es barato en comparación con los convencionales	1	2	3	4	5
15. Usted usaría <i>Metarhizium anisopliae</i> en el control del gusano cogollero porque es un producto biológico	1	2	3	4	5
16. El uso de <i>Metarhizium anisopliae</i> ayuda a obtener alimentos inocuos	1	2	3	4	5
17. El uso de <i>Metarhizium anisopliae</i> garantiza una mejor salud para quienes aplican en los cultivos	1	2	3	4	5
18. Si usted tuviera la oportunidad de adquirir a <i>Metarhizium anisopliae</i> de manera fácil lo aplicaría en su cultivo de maíz	1	2	3	4	5
19. La aplicación de <i>Metarhizium anisopliae</i> debe ser con equipo de protección	1	2	3	4	5
20. El almacenamiento de <i>Metarhizium anisopliae</i> debe ser en un lugar especial	1	2	3	4	5
21. La presentación de <i>Metarhizium anisopliae</i> debe contar con la información de manejo y uso	1	2	3	4	5
22. El uso de <i>Metarhizium anisopliae</i> forma parte de la agricultura integral y sustentable	1	2	3	4	5
23. Usaría <i>Metarhizium anisopliae</i> debido a que no es nocivo para la salud de quien lo manipula	1	2	3	4	5
24. Usaría <i>Metarhizium anisopliae</i> solo por es una alternativa en el control del gusano cogollero	1	2	3	4	5
25. Usaría <i>Metarhizium anisopliae</i> solo por no contaminar el ambiente	1	2	3	4	5
26. Aplicaría <i>Metarhizium anisopliae</i> en su cultivo por no dañar la flora y fauna benéfica	1	2	3	4	5
27. Usaría de <i>Metarhizium anisopliae</i> porque contribuye a no deteriorar la salud en la familia	1	2	3	4	5
28. El uso de insecticidas químicos ocasiona deterioro de la salud (intoxicación, cáncer, osteoporosis, alergias, etc)	1	2	3	4	5
29. ¿Cuántas hectáreas tiene actualmente?					