

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO



APLICACIÓN EN CAMPO DE DOS CEPAS DE *Nomuraea rileyi* (Farlow),
CONTRA larvas de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) EN MAÍZ, EN
PESQUERÍA, NUEVO LEÓN, MÉXICO

Tesis

Que presenta DIEGO CAMACHO PONCE

Como requisito parcial para obtener el Grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA

Saltillo, Coahuila

Julio 2016

APLICACIÓN EN CAMPO DE DOS CEPAS DE *Nomuraea rileyi* (Farlow), CONTRA
LARVAS DE *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) EN MAÍZ, EN PESQUERÍA,
NUEVO LEÓN MÉXICO

Tesis

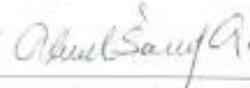
Elaborada por DIEGO CAMACHO PONCE como requisito parcial para
obtener el grado de MAESTRO EN CIENCIAS EN PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA
con la supervisión y aprobación del Comité de Asesoría



Dr. Sergio René Sánchez Peña
Asesor Principal



Dr. Oswaldo García Martínez
Asesor



M.C. Abiel Sánchez Arizpe
Asesor



Dr. Alberto Sandoval Rangel
Subdirector de Postgrado
UAAAN

Agradecimientos

A la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro**. Al Departamento de Parasitología Agrícola y Subdirección de Postgrado, Gracias por ser la institución que me dió todas las oportunidades para lograr superarme profesionalmente.

Al **Dr. Sergio René Sánchez Peña**. Gracias por su apoyo incondicional, sus enseñanzas, amistad, y sus consejos, así como por mostrarme las oportunidades que incrementaron mi preparación profesional y personal en muchos sentidos.

Al **Dr. Ernesto Cerna Chávez**. Por su amistad y el apoyo que me otorgó á lo largo de mi estancia en esta institución, por mi formación tanto académica como personalmente.

A la **M.C. Reyna Ivonne Torres Acosta** y a la **M.C. Denisse Ramírez Rodríguez**. Por su gran apoyo y amistad, además por sus enseñanzas en laboratorio las cuales fueron fundamentales para realizar mi trabajo.

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)**, por el apoyo brindado para realizar mis estudios de postgrado.

También quisiera agradecer a todo el cuerpo académico del Departamento de Parasitología por los conocimientos y amistad brindada; muy en especial a todos mis asesores por su apoyo para la realización de esta investigación.

Dedicatoria

Quiero dedicar esta tesis a mi esposa *Alejandra Guadalupe Cosío Castro*, por su paciencia, por ser un pilar en mi vida, mi amiga, mi confidente, por su apoyo incondicional, el cual sé no fue fácil y hacerme sentir que siempre está conmigo en la buenas y las malas; este logro no solo es mío es de ambos.

A mis padres

José Ángel Camacho duran

y

Amelia Ponce Beltrán

Por el apoyo que me brindaron y la educación que me dieron, la cual me enseñó a valorar y luchar para conseguir mis metas.

A mis hermanos

*Karla Grisel Camacho Ponce, José ángel Camacho Ponce, Cínthia
Elena Camacho Ponce, Jonathan Camacho Ponce.*

Por su apoyo y motivación a seguir adelante, además de ser un ejemplo a seguir para mí.

A mis amigos

Por brindarme su amistad y apoyo, lo cual hicieron de mi estancia en Saltillo más amena.

Ivonne Torres, Denisse Ramírez, JC Coronado, Carlos Carbajal, Carlos Abrego, Francisco Martínez, Cruz Oviedo, Almendra Paxtian, Francisco Gonzales, Anselmo Hernández, Diego Treviño, Fernando Sánchez, Francisco Monzón.

Resumen

APLICACIÓN EN CAMPO DE DOS CEPAS DE *Nomuraea rileyi* (FARLOW),
CONTRA LARVAS DE *Spodoptera frugiperda* (J. E. SMITH) EN MAÍZ, EN
PESQUERÍA, NUEVO LEÓN, MÉXICO

POR

DIEGO CAMACHO PONCE

MAESTRO EN CIENCIAS
EN PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DR. SERGIO RENÉ SÁNCHEZ PEÑA - ASESOR –

Saltillo, Coahuila

Julio 2016

El maíz es uno de los cultivos más importantes en el mundo, como alimento humano, de ganado y materia prima. Se evaluaron dos cepas del hongo entomopatógeno *Nomuraea rileyi* (Farlow) para el control de larvas del lepidóptero, *Spodoptera frugiperda* (Smith), el cual causa grandes daños en plantas de maíz, principalmente en el cogollo. En laboratorio se cultivaron y activaron las cepas NH03CT y C3 y se produjeron conidias, para realizar aplicaciones dirigidas a la planta en campo. Se evaluaron dos tipos de preparación o formulación para cada cepa: granular y suspensión en agua; con las siguientes concentraciones respectivamente: 10^8 conidias / gramo y 10^8 conidias / mL. Para los tratamiento en suspensión, se aplicaron 7 mL / planta, en agua con Bionex[®] al 0.03% para ambas cepas. Para el tratamiento granular se utilizó arroz colonizado por el hongo del cual se aplicaron 5 gramos por planta. Se efectuó un diseño de bloques al azar, con 5 tratamientos y 4 repeticiones (surcos) por tratamiento (cada tratamiento estuvo conformado por 5 surcos) y se consideraron 20 plantas lineales consecutivas en cada surco; las variables evaluadas fueron larvas muertas, larvas micosadas y daño en planta. Los datos se analizaron mediante un ANOVA y comparación de medias (Tukey), con el paquete estadístico (SAS). Se obtuvo mayor esporulación en medio soya-agar. Los resultados en campo muestran diferencias altamente significativas; las cepas mostraron comportamiento similar entre sí al igual que las formulaciones, donde para mortalidad de larvas la mayor media fue de 43.9% con la cepa NH03CT en suspensión. Para la variable larvas micosadas la media más alta fue 37.0%, (cepa NH03CT granular), mientras que para la variable daño no hubo diferencias significativas entre tratamientos y testigo. *Nomuraea rileyi* es una alternativa promisoriosa para el manejo de *Spodoptera frugiperda* en campo.

Palabras clave: Hongos Entomopatógenos, *Nomuraea rileyi*, *Spodoptera frugiperda*, Control biológico, mortalidad.

Abstract

FIELD APPLICATION OF TWO STRAINS OF *Nomuraea rileyi* (Farlow)
AGAINST *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) LARVAE IN CORN,
IN PESQUERIA, NUEVO LEON, MEXICO

BY

DIEGO CAMACHO PONCE

THESIS, MASTER OF SCIENCES
AGRICULTURAL PARASITOLOGY

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DR. SERGIO RENÉ SÁNCHEZ PEÑA - ADVISER –

Saltillo, Coahuila

July 2016

The indiscriminate use of chemicals opened new horizons to implement control strategies, but we need to minimize the impact of agriculture on the environment. Corn is one of the most important crops in the world, as human and livestock food, and for raw materials. Two strains of the entomopathogenic fungus *Nomuraea rileyi* were evaluated to control larvae of the lepidopteran *Spodoptera frugiperda*, which causes extensive damage to corn plants, mainly in the whorl. Strains were activated and conidia were produced on different media and rice for field application. The strains tested were NH03CT and C3, making applications aimed at the plant. Two treatments (granular and water suspension) were evaluated for each strain: suspension at a concentration 10^8 conidia/mL and granular at a concentration of 10^8 conidia/gr. For suspension, 7 mL per plant were applied, in water with 0.03% Bionex® for both strains; for treatment in granules, fungus-colonized rice was used at a concentration of 10^8 conidia per gr and 5 gr per plant were applied. A randomized block design was used, with 5 treatments and 4 replicates (rows) per treatment; in rows, 20 consecutive linear plants were sampled. Variables were dead larvae, mycosed (infected) larvae and damage to plants. Data were analyzed by ANOVA and mean percents were compared (Tukey) in the statistical package SAS. Greater sporulation was obtained on soybean agar. Field results show highly significant differences, with highest larval mortality (43.9%) obtained with strain NH03CT (suspension). For the variable infected larvae, the highest mean was 37.0% for strain NH03CT (granular). Damage level to plant was highest (30.4) in the control but this was not statistically significant. *Nomuraea* is a promising alternative for management of *Spodoptera frugiperda* in field corn.

Key words: Entomopathogenic fungi, *Nomuraea rileyi*, *Spodoptera frugiperda*, biological control, mortality.

Índice de contenido

Agradecimientos.....	iii
Dedicatoria.....	iv
Resumen.....	v
Abstract.....	vii
Índice de Cuadros.....	x
Índice de Figuras.....	xi
Introducción.....	1
Objetivo General.....	4
Objetivos Específicos.....	4
Hipótesis.....	4
1. El maíz y su importancia.....	5
1.1. Clasificación taxonómica del maíz.....	6
1.2. Condiciones adecuadas para el cultivo del maíz.....	8
1.3. Principales plagas del maíz.....	9
1.4. Principales enfermedades del maíz.....	9
2. <i>Spodoptera frugiperda</i>	10
2.1. Taxonomía de <i>Spodoptera frugiperda</i>	10
2.2. Huevecillo.....	11
2.3. Larva.....	11
2.4. Pupa.....	12
2.5. Adulto.....	13
2.6. Daños que ocasiona.....	13
3. Métodos de control de <i>Spodoptera frugiperda</i>	14
3.1. Control químico.....	14
3.2. Control cultural.....	15
3.3. Control biológico.....	16
3.3.1. Nematodos entomopatógenos.....	17
3.3.2. Bacterias entomopatógenas.....	17
3.3.3. Virus entomopatógenos.....	18
3.3.4. Hongos entomopatógenos.....	18
4. Mecanismo de acción de los hongos entomopatógenos.....	19
5. Genero <i>Nomuraea</i>	22
5.1. Clasificación taxonómica de <i>Nomuraea rileyi</i>	22
5.2. <i>Nomuraea rileyi</i>	22
5.3. Características morfológicas y fisiológicas.....	24
5.4. Requerimientos nutricionales de <i>Nomuraea rileyi</i>	25
5.4.1. Fuentes de nitrógeno.....	25
5.4.2. Fuentes de carbono.....	25
Materiales y Métodos.....	26
Resultados.....	30
Discusión.....	34
Conclusiones.....	35
Bibliografía Citada.....	36

Índice de Cuadros

Cuadro 1.	Análisis de varianza (ANOVA) para la variable mortalidad entre tratamientos.....	32
Cuadro 2.	Prueba de rango estandarizado de Tukey para la variable mortalidad entre tratamientos.....	32
Cuadro 3.	Análisis de varianza (ANOVA) para la variable infectados entre tratamientos.....	32
Cuadro 4.	Prueba de rango estandarizado de Tukey para la variable infectados entre tratamientos.....	33
Cuadro 5.	Análisis de varianza (ANOVA) para la variable daño entre tratamientos.....	33
Cuadro 6.	Prueba de rango estandarizado de Tukey para la variable daño entre tratamientos.....	33

Índice de Figuras

Figura 1.	Masa de huevecillos de <i>Spodoptera frugiperda</i>	11
Figura 2.	Larva de <i>Spodoptera frugiperda</i>	12
Figura 3.	Pupas de <i>Spodoptera frugiperda</i>	12
Figura 4.	Adulto, macho y hembra de <i>Spodoptera frugiperda</i>	13
Figura 5.	Daños ocasionados por <i>Spodoptera frugiperda</i>	14
Figura 6.	Control químico en cultivo de maíz.....	15
Figura 7.	Control cultural, preparación de suelo para cultivo de maíz...	16
Figura 8.	Control biológico de <i>Spodoptera frugiperda</i>	17
Figura 9.	Modo de acción de los hongos entomopatógenos, desde la adhesión de la espora hasta su nueva esporulación.....	21
Figura 10.	Diferentes tipos de medios evaluados en laboratorio para conidiación de <i>Nomuraea rileyi</i>	30

Introducción

México es uno de los principales productores de maíz en el mundo, cuya producción de 2014 fue de 23,273,256.54 t, por encima de otros cereales como el trigo, sorgo, cebada y avena, destacando los estados de Sinaloa y Jalisco con la mayor producción con 3,686,274.43 y 3,472,284.51 t, respectivamente (SAGARPA/SIAP, 2015). El maíz es uno de los cultivos más importantes en el mundo. En México, es la especie agrícola más diversa y es su centro de origen, domesticación y es uno de sus centros actuales de diversidad, con importancia desde el punto de vista alimenticio, industrial, cultural y social (CONABIO, 2006). Goza de gran importancia económica mundial ya sea como alimento humano, para el ganado o como materia prima de un gran número de productos industriales. Cerca del 40 % del maíz producido en los países tropicales se usa para la alimentación animal, concretamente para ganado y establecimientos avícolas (Paliwal, 2001). Cabe destacar el uso del maíz tropical como materia prima para la producción de bioetanol. Para ello se obtiene un jarabe de maíz tropical a base de azúcares a partir del cual se producirá bioetanol con la levadura *Saccharomyces cerevisiae* (Chen, 2013).

En México el maíz es atacado por unos 57 artrópodos distintos, considerando todas las etapas del cultivo e incluido el almacén (Mac Gregor y Gutiérrez, 1983). Entre estos organismos dañinos, destaca en importancia a nivel nacional, el gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) que causa daños superiores al 60% (Andrews, 1988; Willink *et al.*, 1993). Debido a que es un insecto con hábitos polípagos, se alimenta de diferentes especies de plantas, principalmente de hojas y tallos tiernos, principalmente durante el desarrollo de la planta (Villa *et al.*, 2004). Las pérdidas en producción causadas por *Spodoptera* en maíz obliga a los productores a usar irracionalmente productos químicos para llevar a cabo su control, esto trae como consecuencia la muerte de fauna benéfica y enemigos naturales, tales como: *Trichogramma* spp (Trichogrammatidae); *Chelonus* spp, *Apanteles* spp, *Cotesia marginiventris* (Cresson) y *Meteorus laphygmae* (Braconidae); *Euplectrus* spp (Eulophidae); *Ophion* spp,

Pristomerus spinator y *Campoletis* spp (Ichneumonidae), y varias especies de moscas parásitas de las familias *Sarcophagidae* y *Tachinidae* entre las que destacan *Archytas marmoratus* y *Lespesia archippivora* (Carrillo, 1980; Montoya, 1980; Zapata, 1983; Ruiz, 1984; Bahena *et al.*, 2002 y 2010; Carrillo, 1993; León-Reyes y López-Barbosa, 1994; Molina *et al.*, 2001 y 2003; y García *et al.*, 2010). *Spodoptera frugiperda* ocasiona pérdidas desde la etapa de plántula temprana hasta la pre-madurez (Ortega, 1987), cuyas infestaciones y daño severo pueden reducir el rendimiento en porcentajes superiores al 30% (Herrera, 1979; García-Gutiérrez *et al.*, 2012) y en casos extremos, pérdida total del cultivo (Silva-Aguayo *et al.*, 2010). El gusano elotero *Helicoverpa zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae), causa daño principalmente en la mazorca directo a los granos, reduciendo el rendimiento, la calidad de la mazorca y aumenta la vulnerabilidad a la pudrición de mazorca (Ortega, 1987), que a menudo es producida por hongos fitopatógenos como *Fusarium* (Hypocreales: Nectriaceae), que penetra a través de lesiones en el grano (Wu, 2006) y que son muy importantes en zonas con alta humedad relativa, donde la pudrición de la mazorca tiene un efecto directo sobre el rendimiento, causando pérdidas que oscilan entre 20-55% en el centro de México (González *et al.*, 2007; Briones *et al.*, 2015). El barrenador del tallo *Diatraea saccharalis* (F.) (Lepidoptera: Crambidae), se distribuye principalmente en las regiones semitropicales y tropicales de México. Esta plaga en su fase larval daña diferentes partes de la planta, principalmente el cogollo realizando galerías o túneles, mata el punto de crecimiento e indirectamente da paso a la invasión de hongos que pudren el tallo y su segunda generación puede coincidir con las etapas reproductivas del cultivo, dañando la mazorca, permitiendo la entrada de fitopatógenos causantes de pudrición (Ortega, 1987; CIMMYT, 2015).

Además de los artrópodos que fungen como enemigos naturales para *Spodoptera*, también son atacados por microorganismos entomopatógenos tales como bacterias, virus, y hongos (Molina, 2003), los hongos se caracterizan por atacar regularmente a estadios inmaduros de insecto (larva) en la cual el hongo desarrolla su ciclo biológico, desde la adhesión de la espora a la cutícula del insecto creando una epizootia dentro de la larva, hasta la formación de esporas para su dispersión y nueva reproducción. Entre los hongos más importantes se tiene a: *Nomuraea rileyi* (Farlow), *Metarhizium brunneum* (Metchnikoff), *Beauveria bassiana* (Balsamo), *Isaria (Paecilomyces) fumosoroseus* (Wize), *Entomophthora ssp* (Tanaka y Kaya 1993). El más frecuentemente encontrado en cultivos de maíz causando grandes epizootias, es el hongo *Nomuraea rileyi*, el cual, puede llegar a causar altas mortalidades que van desde un 30 al 90 % en larvas de *Spodoptera frugiperda*; se les considera hongos imperfectos debido que carecen de reproducción sexual y producen conidias; estos han sido ampliamente empleados para el control de plagas de manera natural por su alto nivel de virulencia y la capacidad de crear epizootias (Samson *et al.*, 1988). Esto da una razón altamente justificable del porque es necesario investigar y evaluar cepas existentes en el medio local y que se han desarrollado de manera nativa.

Objetivo general

Evaluar la mortalidad inducida por *Nomuraea rileyi*, como agente de control biológico de *Spodoptera frugiperda* en maíz.

Objetivos específicos

1. Obtener y activar las cepas de *N. rileyi* en laboratorio, y producir conidias para aplicación en campo
2. Evaluar el porcentaje de mortalidad por las cepas NH03CT y C3, de manera granular y suspensión, contra *Spodoptera frugiperda* en campo.
3. Evaluar nivel de daño en plantas de maíz posterior a la aplicación de *Nomuraea rileyi*.

Hipótesis

Nomuraea rileyi ocasionará niveles de mortalidad del 40 % en larvas de *Spodoptera frugiperda*, en maíz, en el municipio de Pesquería, Nuevo León, México.

Revisión de literatura

1. El maíz y su importancia

El maíz del género *Zea* y especie *mays*, fue descrito por Carlos Linneo, actualmente no se sabe con certeza la época y lugar de descubrimiento, por lo que, se le consideró nativo principalmente de dos lugares, Asia y América. Destaca más América como su lugar de origen debido a los numerosos hallazgos sobre este (Reyes, 1990). Actualmente en México se conocen 60 especies nativas reconocidas, lo que lo convierte en el centro de origen más importante, principalmente en los estados de Oaxaca y Puebla (Reyes, 1990; Conabio, 2006; Kato *et al.*, 2009; Benavides *et al.*, 2010).

Zea mays L. ssp, también conocido como el maíz cultivado, posee una distribución geográfica a lo largo del territorio mexicano (Mera y Mapes, 2009), con el teocintle como el ancestro principal del maíz conocido lo hace el punto de origen por excelencia a nivel mundial, la cual desechó la idea tripartita, eliminando la idea del maíz silvestre (Kato, 2009).

La importancia de este cultivo radica en su rentabilidad, posibilidades de incremento en el rendimiento y como alimento social, ya que es el más consumido anualmente y está por arriba de cualquier otro cereal consumido; del maíz se pueden obtener aceites, harinas, alimento y etanol. En un año existen dos ciclos de siembra teniendo como principal objetivo grano y elote para consumo.

1.1. Clasificación taxonómica del maíz

Reino: Plantae
Subreino: Tracheobiota
Superdivision: Spermatophyta
División: Magnoliophyta
Clase: Liliopsida
Subclase: Commelinidae
Orden: Cyperales
Familia: Poaceae/Gramineae
Tribu: Maydeae
Género: *Zea*
Especie: *mays* L.

El maíz es una planta de porte robusto y de hábito anual; de tallo simple, erecto, de elevada longitud, alcanzando alturas de uno a cinco m, con pocos macollos o ramificaciones; presenta nudos y entrenudos y una médula esponjosa. Las hojas nacen en los nudos de manera alterna a lo largo del tallo; se encuentran abrazadas al tallo mediante la vaina que envuelve el entrenudo y cubre la yema floral, de tamaño y ancho variable. Las raíces primarias son fibrosas presentando, además, raíces adventicias, que nacen en los primeros nudos por encima de la superficie del suelo; ambas tienen la misión de mantener a la planta erecta (Jugenheimer, 1988).

Es una planta monoica de flores unisexuales, que presenta flores masculinas y femeninas bien diferenciadas en la misma planta: la inflorescencia masculina es terminal, largamente pedunculada, conocida como panícula (o espiga) que consta de un eje central o raquis y ramas laterales; a lo largo del eje central se distribuyen los pares de espiguillas de forma polística y en las ramas con arreglo dístico y cada espiguilla está protegida por dos brácteas o glumas, que a su vez contienen en forma apareada las flores estaminadas; en cada florecilla componente de la panícula hay tres estambres donde se desarrolla el polen.

La coloración de la panícula está en función de la tonalidad de las glumas y anteras, que pueden ser de coloración verde, amarilla, rojiza o morada (Jugenheimer, 1988; Reyes, 1990; Benavidez *et al.*, 2010).

Las inflorescencias femeninas (mazorcas) se localizan en las una o más espigas solitarias y axilares de las hojas; son espigas de forma cilíndrica que consisten de un raquis central u olote donde se insertan las espiguillas por pares, cada espiguilla con dos flores pistiladas, una fértil y otra abortiva; estas flores se arreglan en hileras paralelas; las flores pistiladas tienen un ovario único con un pedicelo unido al raquis, un estilo muy largo, con propiedades estigmáticas donde germina el polen. La inflorescencia femenina puede formar alrededor de 400 a 1000 granos, arreglados en promedio de ocho a 24 hileras por mazorca; todo esto encerrado en numerosas brácteas o vainas de las hojas; los estilos largos saliendo de la punta del raquis como una masa de hilo sedoso, saliente, filiforme y colgantes después de la floración, gruesos y enteramente cubiertas de vainas coriáceas, imbricadas en la madurez y se conocen como pelo de elote; el jilote es el elote tierno. Por las características mencionadas, el maíz es una planta de polinización abierta (anemófila) propensa al cruzamiento, la gran mayoría de los granos de polen viajan de 100 a 1000 m (Jugenheimer, 1988; Reyes, 1990; Benavidez *et al.*, 2010).

En la mazorca cada grano o semilla es un fruto independiente llamado cariósido, sub-globoso y duro que está insertado en el olote; la cantidad de grano producido por mazorca está limitado por el número de granos por hilera y de hileras por mazorca. Como cualquier otro cereal, las estructuras que constituyen el grano del maíz (pericarpio, endospermo y embrión) le confieren propiedades físicas y químicas (color, textura, tamaño, etc.) que han sido importantes en la selección del grano como alimento (Mera y Mapes, 2009).

1.2. Condiciones adecuadas para el cultivo del maíz.

El maíz se siembra en una gran variedad de regiones agroecológicas que van de altitudes de 0 m hasta cerca de los 4,000 m (Roberts *et al.*, 1957; Ortega-Paczka *et al.*, 2003), se cultiva desde el ecuador hasta altas latitudes en los dos hemisferios, se siembra en regiones de precipitación pluvial desde menos de 400 mm hasta los 3,000 mm, en suelos y climas muy variables. De acuerdo a la literatura revisada la mejor producción se logra en climas en donde las temperaturas medias en los meses calurosos varían entre 21 y 27°C, con un período libre de heladas en el ciclo agrícola variable de 120 a 180 días (Reyes, 1990).

El maíz es un cultivo exigente en agua donde las necesidades hídricas van variando a lo largo del cultivo; cuando la semilla germina se requiere menos cantidad de agua manteniendo una humedad constante. En la fase del crecimiento vegetativo es cuando se requiere una mayor cantidad de agua, siendo la fase de floración el periodo más crítico porque de ella depende el desarrollo, la polinización y el llenado de los granos, influyendo así en el rendimiento de granos de las plantas. Se adapta muy bien a todo tipo de suelo (Reyes, 1990).

Bajo estas condiciones, la cantidad y distribución de la lluvia son fundamentales para la producción de este cereal (Aragón *et al.*, 2006). Su fácil adaptación a variadas condiciones ambientales abre la pauta para el despliegue de una amplia gama de tecnologías tradicionales que han sido experimentadas y enriquecidas por milenios (Olivo *et al.*, 2001).

1.3. Principales plagas del maíz

Uno de los factores más importantes que limitan la producción de maíz, son las plagas; capaces de infestar el maíz en cualquier etapa de su desarrollo o en el almacén y además, pueden atacar cualquier parte de la planta, a menudo con graves consecuencias (Ortega, 1987), entre las principales encontramos: gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), Trips (*Frankliniella williamsi*), gusano soldado (*Spodoptera exigua*), gusano trozador (*Agrotis* sp.), gusano elotero (*Agrotis* sp.), barrenador del tallo (*Diatraea* sp.), frailecillo (*Macroductylus mexicanus*), picudos (*Geraeus senilis*, *Nicentrites testaceipes*), araña roja (*Olygonychus mexicanus* y *Tetranychus* sp.), chapulines (*Sphenarium* sp, *Melanoplus* sp), gallina ciega (*Phyllophaga* sp, *Cyclocephala* sp., *Diplotaxis* sp., *Macroductylus* sp., y *Anomala* sp.), diabrotica (*Diabrotica virgifera zea*), Catarina del maíz (*Colaspis* sp.), gusano de alambre (*Agriotes* sp.), (cesaveg.org.mx)

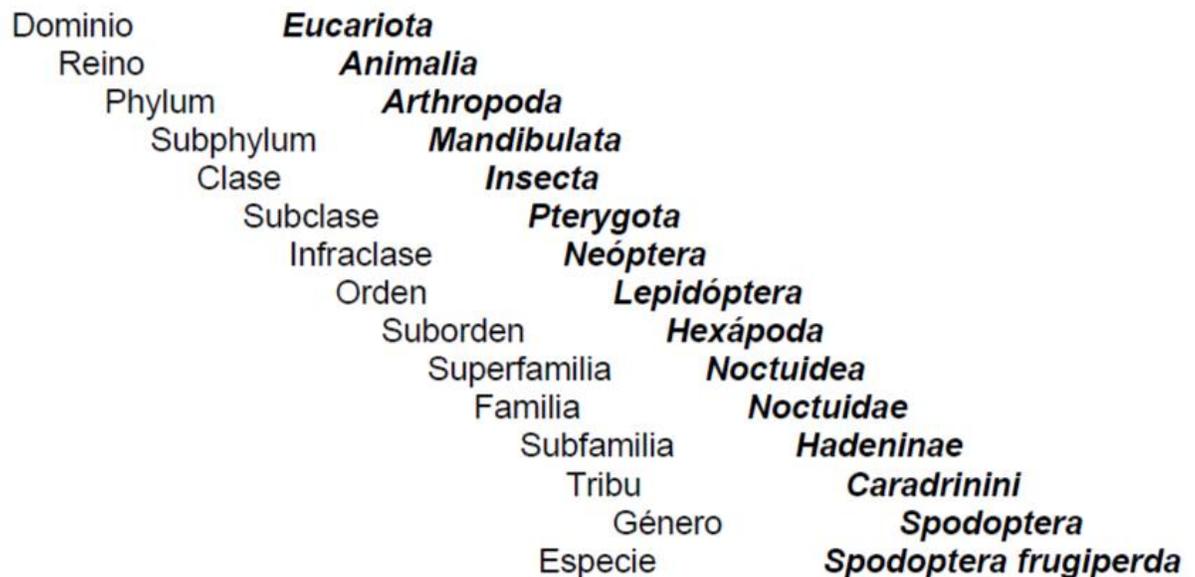
1.4. Principales enfermedades del maíz

El agroecosistema maíz mexicano presenta aproximadamente 58 enfermedades causadas por bacterias, virus y hongos (foliares, pudrición de tallos, carbones y pudrición de mazorcas). Entre los cuales encontramos principalmente: Pudrición de mazorca (*Fusarium* sp), carbón de la espiga (*Sphacelotheca reiliana*), pudrición de la raíz (*Pythium aphanidermatum*, *Diplodia maydis*, *Fusarium* spp), pudrición del tallo (*Macrophomina phaseolina*, *Fusarium* spp, *Diplodia maydis*, *Pythium aphanidermatum*), manchas foliares o tizón (*Helminthosporium maydis*), roya del maíz (*Puccinia sorghi*, *P. polyspora*, *Physopella zaeae*).

2. *Spodoptera frugiperda* (gusano cogollero del maíz)

Spodoptera frugiperda, (Lepidóptera : Noctuidae), descrito en 1852 por J. E. Smith el cual al paso de los años y tras una serie de caracterizaciones, se colocó dentro del género *Spodoptera*; dentro del cual podemos encontrar especies de importancia tales como : *S. exigua* Hubner, *S. dolichos* S.F., *S. cosmioides* Walker (Levyet *et al.*, 1976). Es una plaga altamente voraz, la cual puede causar daños desde 20 % o en caso extremo la pérdida total del cultivo, desde plántula hasta floración (Del rincón *et al.*, 2006). *Spodoptera*, se encuentra ampliamente distribuida en la región mexicana y a lo largo de América (Morva *et al.*, 2004),

2.1. Taxonomía de *Spodoptera frugiperda*



2.2. Huevecillo

Posee un ciclo de vida de aproximadamente 30 días en verano, 60 días en primavera y 90 días en invierno (All *et al.*, 1988). Para su propagación los adultos realizan ovoposiciones en el envés de las hojas, depositando alrededor de 100-200 huevecillos cubiertos de cera, la cual sirve como protección contra depredadores y parasitoides; el proceso de eclosión de huevo a larva dura aproximadamente de 3-4 días.



Figura 1. Masa de huevecillos de *Spodoptera frugiperda*

2.3. Larva

Las larvas al nacer se alimentan del corion, más tarde se trasladan a diferentes partes de la planta o a las vecinas, evitando así la competencia por el alimento y el canibalismo. Su color varía según el alimento pero en general son oscuras con tres rayas pálidas estrechas y longitudinales; en el dorso se distingue una banda negruzca más ancha hacia el costado y otra parecida pero amarillenta más abajo; en la frente de la cabeza se distingue una "Y" blanca invertida, (Angulo, 2000).

Las larvas pasan por seis o siete estadios o mudas, siendo de mayor importancia para tomar las medidas de control los dos primeros; en el primero estas miden hasta 2-3 mm y la cabeza es negra completamente, el segundo mide de 4-10 mm y la cabeza es café claro; las larvas pueden alcanzar hasta 35 mm en su último estadio.

A partir del tercer estadio se introducen en el cogollo, haciendo perforaciones que son apreciados cuando la hoja se abre o desenvuelve, (Angulo, 2000).



Figura 2. Larva de *Spodoptera frugiperda*

2.4. Pupa

Dentro del ciclo de vida de *Spodoptera frugiperda* se encuentra la fase de pupa o latencia; esta fase la lleva a cabo en el suelo, la larva al llegar a esta fase, toma forma de capullo al cual se le denomina pupa, que al estar en contacto con el suelo, se entierra. Posee un color café-rojizo, llega a medir de 10-18 mm de longitud; los factores más importantes para llevar a cabo este ciclo biológico es la humedad y la temperatura; son altamente afectados por los climas fríos o muy calientes; el rango óptimo de temperatura para su desarrollo oscila entre los 28-30 ° C; este proceso puede durar en completarse de 20-30 días en verano y de 89 días en invierno (Vivas, 2003).



Figura 3. Pupas de *Spodoptera frugiperda*

2.5. Adulto

En esta fase se puede observar al adulto ya en forma de palomilla que tiene hábitos nocturnos; por lo regular prefiere clima templado con alto porcentaje de humedad relativa y puede trasladarse a largas distancias. Existen palomillas machos y hembras las cuales pueden ser identificadas mediante variaciones fisiológicas (Dimorfismo sexual). Para la identificación de un macho se observa una coloración gris a café en las alas con manchas triangulares en las puntas y en el centro. Para la identificación de las hembras se considera a las alas mismas que poseen un color más homogéneo, de gris y café, sin manchado, ambos sexos poseen un ciclo de vida de 10-13 días.



a) Macho

b) Hembra

Figura 4. Adultos macho y hembra de *Spodoptera frugiperda*

2.6. Daños que ocasiona

Los primeros daños que se observan en la planta se dan con la aparición de los primeros ciclos larvarios; en los primeros instares la larva causa daños en forma de raspaduras en hojas y cogollo, dejando heridas de apariencia transparentosa. En los instares más adultos la larva comienza a alimentarse de follaje, principalmente de partes tiernas y succulentas; al alimentarse del cogollo causa orificios de pequeños a grandes y de no ser controlado causa la muerte del cogollo y siendo este el medio de crecimiento de la planta y al no existir la planta muere; en las hojas causa orificios grandes interrumpiendo con esto el ciclo de la fotosíntesis.



Figura 5. Daños causados por *Spodoptera frugiperda* en cogollo de plantas de maiz

3. Métodos de control de *Spodoptera frugiperda*

Actualmente existen diferentes métodos con los cuales se puede llevar a cabo un control de este insecto plaga, principalmente basadas en el manejo que se le proporcione al cultivo; de esta manera, se puede concluir con algunas prácticas necesarias para prevenir la infestación del mismo. (Gladstone y Hruska, 2003), los métodos más comúnmente utilizados son de tipo cultural químico y biológico.

3.1. Control químico

Este tipo de control se encuentra ampliamente ligado a las características del campo; se debe de realizar como requisito principal un muestreo y evaluación de campo, con la finalidad de determinar el periodo adecuado para realizar una aplicación; entre las características principales para llevar a cabo este tipo de control se debe de considerar:

- a) Los umbrales económicos, llevando a cabo una estrategia de muestreo.
- b) Aplicaciones granulares, dirigidas regularmente al cogollo de la planta, lugar donde es más común encontrar las larvas, aunque este método es comúnmente usado o recomendado para grandes extensiones de terreno debido a requerimientos de horas hombre y tiempo en llevarse a cabo.
- c) Aplicaciones líquidas, es el método más utilizado en campo debido a su factibilidad en tiempo y horas de trabajo hombre. algunos de los

insecticidas más usados o recomendados para controlar *Spodoptera frugiperda* son:

Fosforados: Clorpirifos, Diazinon, Monocrotofos, Parathion Metílico.

Carbamatos: Carbil, Thiocarb, Metomilo.

Piretroides: Cipermetrina, Lambda Cialotrina, Deltametrina, Permetrina.

Clorados: uso restringidos, sumamente prohibidos para plantas y vegetales de consumo

Estos deben de ser aplicados lo más cerca posible del cogollo de la planta a la aparición de los primeros estados larvales de *Spodoptera* sin llegar a rebasar el 5to instar.



Figura 6. Control químico en cultivos de maíz

3.2. Control cultural

Este tipo de control se da principalmente en dar un manejo adecuado al ámbito agrícola, desde la preparación del suelo con la finalidad de contrarrestar las fases de pupas y larvas que en el habitan; este tipo de actividad conlleva a la exposición de plagas a depredadores, parasitoides, o bien a la exposición de la intemperie; en este tipo de control también es importante el manejo de maleza, las cuales fungen como plantas hospederas para las larvas, siendo también recomendable manejar altas densidades de siembra, lo cual permite al cultivo tener una mayor tolerancia al daño, realizar rotaciones de cultivos, principalmente se recomienda intercalar con leguminosas.



Figura 7. Control cultural, preparación de suelo en cultivo de maíz

3.3. Control biológico

Este es uno de los tipos de control más importantes, debido a que en este método se puede encontrar la acción directa de enemigos naturales, entre los más importantes encontramos: parasitoides, depredadores, patógenos. Los cuales afectan ampliamente las poblaciones de gusano cogollero, esto sin la intervención del hombre en el proceso. En los primeros ciclos biológicos del cultivo del maíz, los enemigos naturales son los principales responsables para mantener las poblaciones en niveles bajos de infestación; este tipo de insectos no causan daños al medio ambiente. Actualmente se cuentan con organismos biológicos importantes que son eficientes en el control del gusano cogollero, tales como los microorganismos entomopatógenos que se han consolidado como una alternativa altamente viable, sin embargo, algunas de las especies utilizadas requieren un tiempo a largo plazo (Altieri *et al.*, 2000). Los microorganismos más representativos entomopatógenos son: nematodos, bacterias, virus y hongos entomopatógenos.



Figura 8. Control biológico de *Spodoptera frugiperda*

3.3.1. Nematodos entomopatógenos

El manejo mediante nematodos entomopatógenos para el control de insectos, encontramos como los más importantes a los géneros: *Steinernema* y *Heterorhabditis*. Los cuales son efectivos en actividades en suelo y actúan en simbiosis con bacterias (*Xenorhabdus* y *Photorhabdus*), del suelo (Bustillos, 1976). Los nematodos tienen un tiempo de acción mortal de alrededor de 24-48 horas y son de fácil aplicación y manejo.

3.3.2. Bacterias entomopatógenas

Este tipo de microorganismos actúan dentro del cuerpo de la larva, en el cual realizan el proceso de incubación y producción de toxinas; la larva al ser infectada por una bacteria muestra una lentitud en movimientos y expulsa líquidos por el ano y la boca. Al poco tiempo de la infección, las larvas presentan una consistencia blanda del cuerpo y al momento de su muerte se muestra una coloración negra (Gladstone *et al.*, 2003). Entre las bacterias más importantes y utilizadas tenemos a *Bacillus thuringiensis* (Bt), debido a su grado de toxicidad (Vergara, 2004).

Bt, es una bacteria gram-positiva, que en su fase de crecimiento vegetativo presenta una duplicación por bipartición y esporulación; puede ser aislada de diferentes lugares tales como: suelo, agua, hojas de plantas e insectos muertos. Se le caracteriza por la producción de cristales los cuales son de naturaleza proteica y posee propiedades insecticidas (Tomasino *et al.*, 1995).

3.3.3. Virus entomopatógenos

Entre los virus entomopatógenos más utilizados en el control de insectos encontramos a los de las familias: *Baculoviridae*, *Reculoviridae* y *Reoviridae*, los cuales presentan una envoltura proteica (Faulkner y Boucias 1985).

Dentro del control biológico el más utilizado son los Baculovirus, debido a su especificidad por especies de los órdenes, Lepidóptera, Himenóptera, Dípteros, Coleópteros, Tricópteros. Quizá de los virus entomopatógenos el más destacado es el de la poliedrosis nuclear, utilizado principalmente para el control de noctuidos.

3.3.4. Hongos entomopatógenos

Según Pucheta Diaz *et al.*, (2006), los hongos entomopatógenos tienen un gran potencial como agentes controladores, constituyendo un grupo con más de 750 especies, diseminados en el medio ambiente y provocando infecciones fungosas a poblaciones de artrópodos.

Dentro de los patógenos más eficientes usados en el control microbial, se encuentran los hongos entomopatógenos, los cuales deben su eficiencia a la capacidad que poseen de penetrar la cutícula de los insectos, invadir el hemocele y ocasionar la muerte rápida debido a la liberación de toxinas. Cuando el hongo esporula, frecuentemente ocasionan epizootias que reducen significativamente las poblaciones de los insectos plaga (Gullan y Cranston, 2010).

Se conocen más de 100 géneros y 700 especies, pero poco más de 10 han sido empleadas en el control biológico de insectos. Entre los más importantes se destacan; *Beauveria*, *Metarhizium*, *Nomuraea*, *Entomophthora*, *Aschersonia*, *Fusarium*, *Hirsutella*, *Isaria* y *Lecanicillium* (Hajeck y St. Leger, 1994).

4. Mecanismo de acción de los hongos entomopatógenos

Los hongos entomopatógenos inician su proceso infectivo en los insectos hospederos cuando las esporas viables son retenidas por contacto en la superficie del integumento, mientras encuentran un espacio propicio para establecer la asociación patógeno-hospedero (Jones, 1994) y formar los túbulos germinales y a veces el apresorio, que facilitarán la invasión del hongo. (Hajek, 1997; Deshpande, 1999; Milner, 2000; Asaff *et al.*, 2002; Barranco *et al.*, 2002). Se ha sugerido que iones divalentes como el Ca^{+2} y el Mg^{+2} reducen las fuerzas de repulsión electrostática de la superficie de la 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 espора y la subsecuente invasión del hospedero (Barnes y Moore, 1997; Jeffs *et al.*, 1997; Kershaw y Talbot, 1998; Wessels, 1999).

La germinación de la espора se inicia con el hinchamiento de la misma, que es favorecido por una humedad alta (70% durante 14h); la germinación es disparada por mensajeros que generalmente son carbohidratos presentes en las proteínas cuticulares del insecto (Hegedus y Khachatourians, 1995; Khachatourians, 1996). La hidratación de la espора 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. Sin embargo, se han encontrado esterases y proteasas en conidias no germinadas, lo que sugiere una modificación de la superficie cuticular previa a la germinación, ya que durante la hidratación la espора no solo absorbe agua, sino también nutrientes (Jones, 1994; Kershaw y Talbot, 1998).

Después del hinchamiento de la espora tiene lugar la formación del tubo germinativo mediante el proceso de polarización típico del crecimiento 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 permanece constante y mantiene el desarrollo del tubo germinativo y la formación del apresorio, una estructura especializada formada en el tubo germinativo (Riquelme *et al.*, 1998; Harold, 1999; Wessels, 1999). El tubo germinativo rastrea y reconoce la superficie del insecto para la localización de sitios receptores, habilitando a la hifa para la penetración de la cutícula (Wessels, 1999). El apresorio sirve para el anclaje de la espora y ejerce una presión hacia el interior del insecto. Paralelamente, el hongo excreta una gran cantidad de enzimas entre las que se incluyen proteasas, quitinasas, quitobiasas, lipasas, lipooxigenasas y otras enzimas hidrolíticas, que van degradando la cutícula y proporcionan a su vez nutrientes al hongo (Monzón, 2001).

Una vez dentro del insecto, el hongo se reproduce formando cuerpos hifales secundarios, que se ramifican en la procutícula formada principalmente de fibras lameladas de quitina embebidas en una matriz proteica que actúa como cubierta física protectora frente a 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 (Deshpande, 1999). Así, invaden diversas estructuras como tejidos musculares, cuerpos grasos, tubos de Malpighi, mitocondrias, hemocitos, retículo endoplásmico y membrana nuclear.

Al agotarse los nutrientes, el hongo inicia un crecimiento micelial invadiendo todos los órganos del hospedero. Finalmente, las hifas perforan la cutícula desde el interior del insecto y emergen al exterior del mismo iniciando la formación de esporas cuando la humedad relativa es apropiada (Gillespie y Claydon, 1989).

Cabe mencionar que durante la penetración del hongo desde la cutícula del insecto hasta el hemocele, la hifa queda sumergida en proteínas, quitina, lípidos, melanina, difenoles y carbohidratos; algunos de ellos son nutrientes pero otros pueden inhibir su desarrollo, ya que el insecto activa su sistema inmunitario a través de procesos como nodulación, melanización, fagocitosis, y encapsulamiento (St. Leger y Roberts, 1997). Sin embargo, los hongos desarrollan una serie de procesos que les permiten evitar este tipo de defensas, tales como cambios en la pared celular y producción de sustancias inmunomoduladoras o toxinas fúngicas (Khachatourians, 1991).

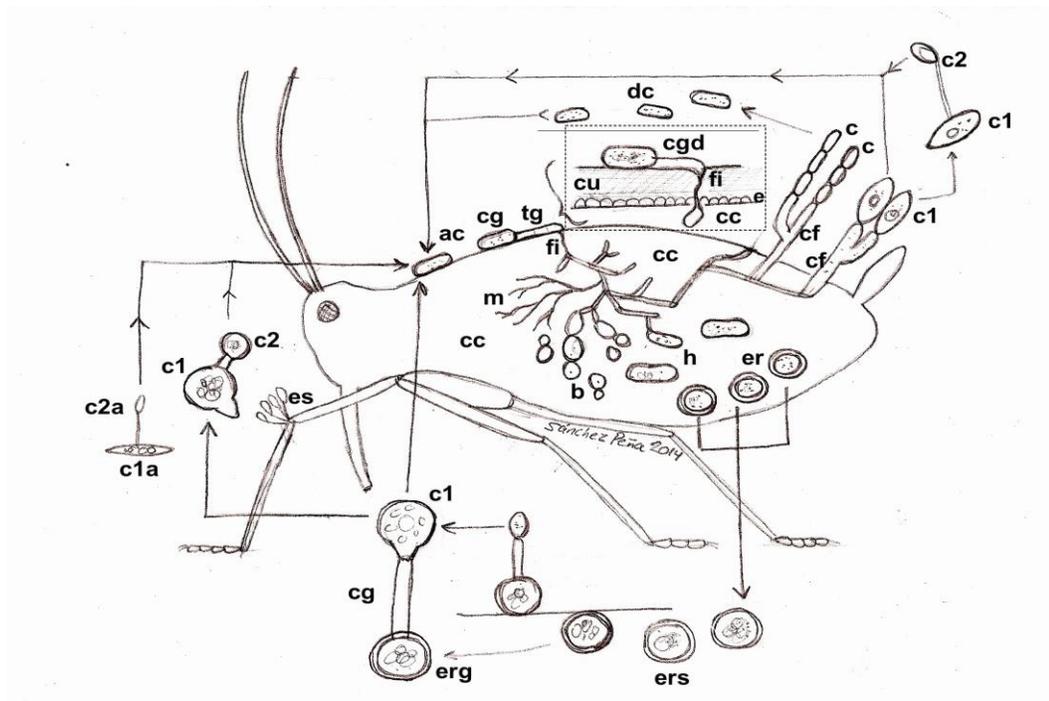


Figura 9. Modo de acción de los hongos entomopatógenos desde la adhesión de la espora hasta su nueva esporulación

5. Genero *Nomuraea*

Las características del genero *Nomuraea* se dan bajo las características de: micelio septado de color blanco, crecimiento tipo esponjoso, el cual cubre completamente al insecto; comúnmente de coloración verde pálido u oscuro, conidióforos simples raramente con cinemas, fialides de los racimos cortos; las células conidiogenas de ápice pequeño, con conidias redondas u ovoides y ligeramente curvo, cadenas divergentes color verde pálido u oscuro raramente blanco en masa. (Humber, 1998, citado por vega-Aquino, 2008).

5.1. Clasificación taxonómica de *Nomuraea rileyi*

En base a información molecular, *Nomuraea rileyi* se clasifica actualmente como:

División: Ascomycota.
Orden: Hypocreales.
Familia: Cordycipitaceae.
Género: *Nomuraea*.
Especie: *rileyi*.

Existe la propuesta de transferir *N. rileyi* a *Metarhizium* como *Metarhizium rileyi*.

5.2. *Nomuraea rileyi*

Primero descrito como *Botritis rileyi* por Farlow; en 1936 fue trasladado a *Spicaria* por Charles; posteriormente las *Spicarias* fueron ubicadas en *Paecilomyces*, sin embargo por la característica de la fialide atípicas y su coloración permitieron que no fuera transferida a ese Género y se ubico en *Penicillium*, sin embargo, muchos investigadores continuaron usando el nombre de *Spicaria* y hasta 1974 se reestructura el género *Nomuraea*; cambiando de *Spicaria rileyi* a *Nomuraea rileyi*.

Cuando un larva es infectada por *N. rileyi*, los primeros síntomas en manifestarse se presentan a los dos o tres días después del contacto con la conidia; los primeros síntomas en manifestarse son: diminutos puntos de color amarillentos a marrón sobre el integumento; consecuentemente la larva pierde movimiento y deja de alimentarse; se torna pálida y muestra una hinchazón en los segmentos posteriores del abdomen. Al paso de cinco a siete días ocurre la muerte de la larva. Se da una momificación causada por el crecimiento de micelio de color blanco, dos o tres días después, se lleva a cabo la producción de esporas, tornándose de un color verde pálido (Bustillos y Posada, 1986).

Comprende de dos fases para su ciclo biológico, una fase patogénica y una saprofita. La primera fase se da cuando el hongo entra en contacto con tejido vivo de la larva; se puede acreditar la muerte a las toxinas excretadas por el hongo en la fase de producción de micelio. La segunda fase se da cuando el hongo inicia su desarrollo en tejido muerto sin patogenia en el hospedero. El ciclo de vida de *n. rileyi* en larva tarda alrededor de 10-13 días. (Ignoffo, 1978; citado por Bustillo y Posada, 1986).

Es un hongo específico sobre larvas de Lepidópteros más específicamente con las de la familia noctuidae; es un patógeno dimorfo de insectos y se desconoce su estado telemorfo; es un hongo causante de epizootias en poblaciones de plagas importantes; varias son las especies de lepidópteros que han sido identificadas como susceptibles a este hongo en larvas polífagas de los géneros *Heliothis*, *Spodoptera*, *Pseudoplusia*, *Trichoplusia*, *Plutella* y *Rachiplusia* entre los más reportados. Bajo condiciones ambientales apropiadas, ha sido reportado reduciendo drásticamente poblaciones de Noctuidos. (Vega-Aquino, 2008).

5.3. Características morfológicas y fisiológicas

Inicialmente *Nomuraea rileyi* posee un crecimiento muy parecido a las levaduras obtenidas del tubo germinativo de un conidio mediante gemación; posteriormente, las hifas en forma de levadura forman un crecimiento de color blanco a crema con un aroma a humedad. (Bustillos y Posadas, 1986).

Nomuraea rileyi, esporula de una manera sumamente localizada al inicio, el paso de aproximadamente 72 horas su distribución es más notable a través de la colonia; al irse desplazando a través de la colonia, se observa un cambio en la tonalidad de colores de un blanco miceliar a un verde pálido y hasta llegar a un verde olivo.

Sus hifas son septadas, de apariencia transparente, con pequeñas pigmentaciones; su diámetro es de 2 a 3 μm ; posee hifas sumergidas desde las cuales emergen los conidióforos en una posición erecta, son septadas, su longitud puede llegar a 150 μm y con un diámetro de 2 a 5 μm (García y Del Pozo, 2000; Bustillo y Posada, 1986). Desarrollan un ramillete, después de la formación de los septos, lo cual nos da origen a 2 y 4 fialides; estas ramificaciones pueden llegar a medir desde 5 a 8 por 2 a 4 μm , generalmente son cilíndricas y en ocasiones su base presenta una hinchazón. Cuando las cadenas de los conidios son divergentes, sus características son: lisos, con forma de elipsoide y de una coloración verde pálido y de un tamaño de 3,4 a 4,5 por 2 a 3, 1 μm (Bustillo y Posada, 1986).

Requiere una temperatura de 25°C para obtener su crecimiento óptimo en un medio soya-agar; es altamente afectado por condiciones de temperatura extremas, ya sean altas o bajas; lo cual causa problemas en su desarrollo, bajo condiciones de temperaturas superiores a 32°C y menores de 15°C *Nomuraea* pierde su capacidad de germinación, desarrollo y su esporulación.

Lo cual lo hace inofensivo para vertebrados homeotermicos (Ignoffo *et al.*, 1979).

5.4. Requerimientos nutricionales de *Nomuraea rileyi*

5.4.1. Fuentes de nitrógeno

N. rileyi no es favorecido por nitrógeno inorgánico a comparación de la forma orgánica, la cual favorece claramente su crecimiento (Riba & Glandard, 1980). Como fuentes importantes de nitrógeno para *Nomuraea*, los más utilizados son: levadura de cerveza, leche en polvo (descremado o entero) y el hidrolizado de levadura enzimático; para aumentar el crecimiento micelial podemos utilizar el extracto de levadura, como fuente de nitrógeno y vitaminas (Vimala Devi, 1994). Las concentraciones de levadura deben de ser consideradas, debido a que, en concentraciones bajas disminuye el crecimiento micelial y disminuye la conidiación y en condiciones de una concentración alta promueve la producción de micelio pero disminuye la conidiación. (Vimala Devi, 1994).

5.4.2. Fuentes de carbono

Como fuentes de carbono para *Nomuraea* se ha reportado a la maltosa y la dextrosa como las más efectivas (Balardin y Loch, 1989; Im *et al.*, 1988 citados por Vimala Devi, 1994). Otras fuentes de carbono son: el almidón soluble, almidón de maíz y el extracto de malta (Vimala Devi, 1994). Como fuente de almidón tenemos al sorgo de manera triturada como la más efectiva; al hidrolizarse el almidón libera cantidades similares de glucosa y maltosa dependientes de las condiciones de clarificación (Vimala Devi, 1994).

Materiales y Métodos

Sitio de aplicación en laboratorio

Para la evaluación de la efectividad de la mortalidad causada por las cepas NHO3CT y C3 de *Nomuraea rileyi* contra larvas de *Spodoptera frugiperda*, se realizaron pruebas de laboratorio y pruebas de campo. Las pruebas de laboratorio se realizaron en las cámaras bioclimáticas, de las instalaciones del Departamento de Parasitología Agrícola, de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.



Sitio de aplicación en campo

Las pruebas de campo fueron realizadas en el Municipio de Pesquería, Nuevo León, México. Ubicada en la parte central del estado, en las coordenadas 25° 47' latitud norte y 100° 3' longitud oeste, a una altura media sobre el nivel del mar de 330 metros. Su clima se caracteriza por ser semicálido, subhúmedo y extremo, con lluvias en invierno; presenta una precipitación anual de 500 mm.



Cepas a evaluar

Se utilizaron dos cepas, la cepa NH03CT fue proporcionada de la colección resguardada en el Departamento de Parasitología Agrícola de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, colectada en el año 2004, y la cepa C3 colectada en el año 2014, ambas cepas fueron aisladas y purificadas de una larva de *Spodoptera frugiperda*, de campos de maíz, en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Y se mantuvieron en condiciones secas a una temperatura de 4°C en refrigeradores.

Evaluación en laboratorio

Se probaron distintos medios de cultivos para aislamiento del hongo; Posteriormente a la obtención de ambas cepas puras y aisladas el primer procedimiento consistió, en inocular larvas de 3^{er} estadio obtenidas de un pie de cría de laboratorio. La inoculación se realizó como aplicación tópica, con una suspensión líquida a una concentración de 10^7 , para determinar la capacidad de virulencia de ambos aislados, esto se realizó en 150 larvas por cepa, En total 300 larvas fueron inoculadas realizando una evaluación 10 días posteriores a la aplicación. De nueva manera se aislaron ambas cepas de las larvas que previamente fueron inoculadas en laboratorio; se purificaron y sembraron.

Producción de conidias

Se comenzó la producción en masa, primeramente multiplicando las cepas en cajas de Petri con un medio de soya agar; se esperaron 10 días con la finalidad de obtener conidiación de las cepas; a los 15 días posteriores de la multiplicación y obtenido las conidios, se inició la inoculación en medio arroz; se utilizó grano entero de arroz sin cascarilla, se lavó con agua común por 15 minutos para limpieza e hidratación, se escurrió por 15 minutos para eliminar exceso de agua.

Se colocaron 200 gramos de arroz por bolsa, que se esterilizaron en una autoclave a 121°C (15 libras de presión) por 15 minutos en bolsas de plástico; se inoculó el arroz con 15 ml de suspensión de conidias y se dejó incubar a 25°C durante dos semanas. Se realizó una prueba de germinación a cada tratamiento, para llevar a cabo la investigación en campo en 400 conidios.

Diseño experimental y aplicación en campo

Se estableció un diseño de bloques al azar, con 5 tratamientos y 4 repeticiones, cada unidad experimental estuvo conformada por 5 surcos. Para las aplicaciones de los tratamientos, se consideraron 20 plantas consecutivas lineales por surco. Los tratamientos fueron: NH03CT aplicación en suspensión de conidios con una concentración de 10^8 /ml, NH03CT aplicación granular con una concentración de 10^8 /gr, C3 aplicación en suspensión de conidios con una concentración de 10^8 /ml, C3 aplicación granular con una concentración de 10^8 /gr y testigo; para el caso de las suspensiones, las concentraciones fueron ajustadas mediante conteos bajo un microscopio a 40X con la ayuda de una cámara de Neubauer. Las aplicaciones en manera de suspensión consistieron en aplicar directamente al cogollo 7mL de suspensión/planta con un atomizador manual, mientras que en forma granular la aplicación fue de 5 gr de arroz/planta con un recipiente.

Evaluación

La evaluación se realizó el día 10 de septiembre, 12 días después a la aplicación; las variables evaluadas fueron mortalidad de larvas, larvas micosadas y daño en planta posterior a la aplicación; se evaluó en una escala de 1-10, donde, 1 es daño mínimo y 10 daño máximo; los datos obtenidos de campo, se convirtieron a porcentajes y se sometieron a un análisis de varianza y prueba de separación de medias por Tukey 0.05, utilizando el paquete estadístico SAS [SAS],

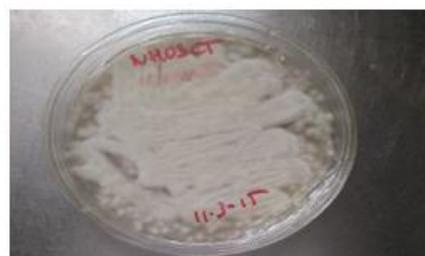
Resultados

Resultados de laboratorio

En la fase de pruebas de laboratorio, se compararon los medios PDA, PDA+Antibiótico, Huevo-Agar, Soya-Agar, obteniendo como mejor resultado el medio de Soya-Agar, dado que fue el único donde se dio esporulación, mientras que en PDA solo hubo crecimiento de micelio; en los medio restantes no hubo crecimiento. En la realización del bioensayo que tenía como objetivo, tener el nivel de mortalidad de las cepas de *Nomuraea rileyi* en larvas de *Spodoptera frugifera* en laboratorio, se obtuvo para la cepa NH03CT =83.3% y para la cepa C3 =78.6 %, de mortalidad, testigo 0% de mortalidad, bajo condiciones controladas. Esto indicó que las cepas eran viables para llevar a cabo el objetivo en campo; después de la obtención de este dato, se realizó la recuperación de las cepas las cuales, se había inoculado en las larvas previamente.



Soya-agar



pda + extracto de levadura



Agar - huevo



pda + antibiótico

Figura 10. Diferentes tipos de medios evaluados en laboratorio para conidiación de *Nomuraea rileyi*

Resultados de campo

En las pruebas de germinación de las cepas, previo a la aplicación, se obtuvo, para $n=400$ conidios, se obtuvo para NH03CT = 84% y C3= 70 % de germinación.

En el Cuadro 1. Se puede observar en el análisis de varianza, para mortalidad, que se obtuvo como resultado una $Pr > 0.0084$ indicando que existe diferencia altamente significativa al menos entre algunos de los tratamientos y/o testigo.

En el Cuadro 2. Se puede observar que entre los cuatro tratamientos aplicados no existen diferencias significativas en porcentaje de mortalidad; en comparación de los tratamientos con el testigo si existen diferencias significativas. La diferencia más alta que existe es respecto a la cepa NH03CT (S), con una media de 43.92, en comparación con el testigo, que arrojó una media de 8.41.

En el Cuadro 3. Se observan los resultados obtenidos se sometieron a un análisis de varianza, para larvas infectadas, el cual nos arrojó como resultados una diferencia significativa de $Pr > 0.0074$.

En el Cuadro 4. No hubo diferencias entre tratamientos, pero si diferencia significativa entre tratamientos (aplicaciones del hongo) contra testigo; el tratamiento NH03TC (G) tuvo la mayor diferencia con una media (porcentaje) de 37.02 comparado con el testigo que fue de 0.00.

En el Cuadro 5. Podemos observar, para la variable daño en planta, una diferencia significativa con un $Pr > f = 0.004$.

En el Cuadro 6. Se observan los resultados de la prueba estandarizada de Tukey, donde se muestra una diferencia significativa entre el testigo y los tratamientos, siendo los más sobresaliente NH03CT (S) con una media de 25.90 en comparación con el testigo con una media de 30.46. Los tratamientos (aplicaciones de hongo) para daño no mostraron diferencia significativa entre ellos.

En su mayoría, las investigaciones realizadas con el hongo entomopatógeno *Nomuraea rileyi*, fueron desarrolladas en laboratorio y se basan en combinaciones con plaguicidas, y sus efectos de compatibilidad. Estas investigaciones con químicos son importantes debido que se puede considerar llevar a cabo un manejo integrado de plagas.

Cuadro 1. Análisis de varianza (ANOVA), para la variable independiente mortalidad entre tratamientos

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-valor	Pr>F
CEPA	4	4385,361364	1096.340341	4.61	0.0084

Cuadro 2. Prueba de rango estandarizado de tukey, para la variable mortalidad, Medias con la misma letra no son significativamente diferentes

TUKEY	Agrupamiento	Media	N	CEPA
	A	43.922	5	NH03CT G
	A	41.309	5	NH03CT G
	A	41.154	5	C3G
	A	38.663	5	C3 S
	B	8.413	5	TESTIGO

Cuadro 3. Análisis de varianza (ANOVA), para la variable independiente infectados entre tratamientos

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr>F
CEPA	4	3966.068104	991.517026	4.75	0.0074

Cuadro 4. Prueba de rango estandarizado de Tukey, para la variable infectados, Medias con la misma letra no son significativamente diferentes

TUKEY	Agrupamiento	Media	N	CEPA
	A	37.025	5	NH03CT G
	A	29.269	5	C3 G
	BA	27.336	5	C3S
	BA	26.957	5	NH03CT S
	B	0.000	5	TESTIGO

Cuadro 5. Análisis de varianza (ANOVA), para la variable independiente daño entre tratamientos

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr>F
CEPA	4	169.8887986	42.4721997	7.79	0.0004

Cuadro 6. Prueba de rango estandarizado de Tukey, para la variable daño, Medias con la misma letra no son significativamente diferentes

TUKEY	Agrupamiento	Media	N	CEPA
	A	30.465	6	TESTIGO
	B	25.980	5	NH03CT S
	B	25.542	5	C3 S
	B	24.651	5	C3 G
	B	23.761	8	NH03CT G

Discusión

Chamberlin y dutky (1958), reportan poca mortalidad en larvas de gusanos de la yema, bajo aplicaciones de *Nomuraea* en forma de suspensión, Kish (1975), reporta una mortalidad en campo de 83 a 97 % en 7 días; Chamberlain por su parte realizo aplicaciones con *Spicaria rileyi*, aplico 1500 billones de esporas en 100 plantas donde las condiciones climáticas causaron baja mortalidad; Vimala Devi (1994), reporta un decremento en las poblaciones de larvas de un 20 % después de 2 días de aplicación; también Vimala Devi en (1995), reporta que al combinas el hongos con aceites, el hongo permanece más tiempo y llego a causar una muerte de 75 % al paso de 10 días;

Douglas en (1976) reporta que en combinación con fungicidas el hongo causo 56 % de mortalidad por infección en larvas de gusano terciopelo; Pavone (2010), reporta una compatibilidad en proporción de 1/1000 con el fungicida vitavax® (*Carboxín + captan*), una compatibilidad en proporción con karate® (*Lambda-cialotrina*) de 1/10; Ignoffo (1975), reportó compatibilidad con lannate®. Bustillos y Posadas (1986), reportan una mortalidad del 80 -100 % en larvas de *Spodoptera frugiperda* sobre larvas de 3^{er} instar. Por su parte Bosa (2004), reporta 95 % de mortalidad en larvas de 2^{do} y 3^{er} instar, ambos en laboratorio.

Conclusiones

Se concluye que las cepas utilizadas del hongo entomopatógeno *Nomuraea rileyi*, mostraron efectividad en infección y mortalidad, por lo tanto, podemos decir que son una gran alternativa para llevar a cabo un control biológico en maíz contra larvas de *Spodoptera frugiperda* en campo, dado que se tuvo una media de mortalidad media del 43.9 con la cepa NH03CT (S) y 37.0 para la cepa NH03CT (G) para infección y diferencias significativas con el testigo ,a la par con los datos recabados de otros autores, en relación a la compatibilidad con plaguicidas químicos, hace del hongo *N. rileyi* un candidato potencial.

Bibliografía citada

- Aguirre Otálora M.D.P. (2006) Determinar el efecto de algunas fuentes de carbono y nitrógeno, del pH y de la actividad del agua sobre el desarrollo de *Nomuraea rileyi*. Bogotá D.C. pontifica universidad javeriana pág. 27-29
- All, J.N. 1988. Fall armyworm (Lepidoptera:Noctuidae) infestations in no-tillage cropping systems. *Florida Entomologist* 71:268-272.
- Aragón C., F. 2006. Nueva población de teocintle en Oaxaca. Resúmenes del XXII Congreso Nacional y I Internacional de Fitogenética, Sociedad Mexicana de Fitogenética, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. P. 115.
- Altieri, M. y C. Nicholls. 2000. Agroecología: Teoría y práctica para una agricultura sustentable. ONU. México (1):1-20.
- Asaff TA, Reyes VY, López LVE, De la Torre MM (2002) Guerra entre insectos y microorganismos: una estrategia natural para el control de plagas. *Avance y Perspectiva (México)* 21: 291-295.
- Barnes SE, Moore D. (1997) The effect of fatty, organic or phenolic acids on the germination of conidia of *Metarhizium flavoviride*. *Mycol. Res.* 101: 662-666.
- Barranco FE, Alatorre RR, Gutiérrez RM, Viniegra GG, Saucedo CG (2002) Criteria for the selection of strains of entomopathogenic fungi *Verticillium lecanii* for solid state cultivation. *Enz. Microb. Technol.* 30: 910-915.
- Benavidez, M. A., R. E. M. V. Hernández., H. R. Ramirez y R. A. Sandoval. Tratado de Botánica Económica Moderna. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN). Saltillo, Coahuila; México. 2010. Pág. 332.
- Briones, R. D.; Castillo, G. F.; Chávez, S. J. L.; Aguilar, R. V. H.; García, A. C. L. y Ramírez, H. A. 2015. Respuesta del maíz nativo del altiplano mexicano a pudrición de mazorca, bajo infección natural. *Agronomía Mesoamericana* 26(1):73-85.
- Borror D. J. and R. E. White. 1970. A Field Guide to Insects America North of Mexico. The Peterson field guide series Houghton Mifflin Company. U.S.A. 404 Pág.
- Buntin, G. D.: All, J. N.; Lee, R. D. and Wilson, D. M. 2004a. Plant-Incorporated *Bacillus thuringiensis* resistance for control of fall armyworm and corn earworm (Lepidoptera: Noctuidae) in Corn. *Journal of Economic Entomology* 97(5): 1603-1611.

- Buntin, G. D.; Flanders, K. L. and Lynch, R. E. 2004b. Assessment of Experimental Bt Events Against Fall Armyworm and Corn Earworm in Field Corn. *Journal of Economic Entomology* 97(2): 259-264
- Bustillo, A. E. 1976. Patogenicidad del nematodo *Neoaplectana carpocapzae* en larvas, prepupas y pupas de *Oxidia trychiata*. *Revista Colombiana de Entomología.*, 2(4): 139-144
- Bustillo, A.E. ; Posada, F. 1986. Patogenicidad de un aislamiento de *Nomuraea rileyi* sobre larvas de cogollero de maiz *Spodoptera frugiperda*. *Revista Colombiana de Entomología*. Volumen 12 No.
- (CONABIO) Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad (2006) "Elementos para la determinación de centros de origen y centros de diversidad en general y el caso específico de la liberación experimental de maíz transgénico al ambiente en México". Documento base preparado por la Coordinación Nacional de la CONABIO para la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación (SAGARPA). México, D.F. En: [Http://www.biodiversidad.gob.mx/genes/pdf/Doc_CdeOCdeDG.pdf](http://www.biodiversidad.gob.mx/genes/pdf/Doc_CdeOCdeDG.pdf).
- CESAVEG (2015) Campaña Manejo Fitosanitario del maíz. Manual de Plagas y Enfermedades en maíz. Consulta: 15 Septiembre 2015. Disponible en: http://www.cesaveg.org.mx/html/folleto/folleto_11/folleto_maiz_11.pdf.
- CIMMYT (2004) Programa de Maíz del CIMMYT. Enfermedades del maíz: una guía para su identificación en el campo. Cuarta edición. México, D.F. Pág. 118.
- CIMMYT (2015) Lista de Plagas y enfermedades del maíz. Consulta: 14 Octubre
- De León C. 1997. Enfermedades del maíz causadas por hongos. Pp: 25-26. *In*: I curso Internacional sobre Diagnostico y enfermedades en maíz. Seminario taller de cosecha de maíces de la zona andina. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). Cochabamba, Bolivia. Editorial PRODUMEDIOS. Bogotá, Colombia. 94 p.
- Chamberlin, F. S. and S. R. Dutky. 1958. Tests of pathogens for the control of tobacco insects. *J. Econ. Entomol.* 5:560.
- Del Rincon M.C., Mendez J. Ibarra J., 2006 Caracterización de cepas nativas de *Bacillus thuringiensis* con actividad insecticida hacia el gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). *Folia Entomologica Mexicana* 45(2):157-164

- Deshpande MV (1999) Mycopesticide production by fermentation: potential and challenges. *Crit. Rev. Microbiol.* 25: 229-243
- Douglas W. Johnson, Leslie P. Kish, and George E. Allen. 1976, Field Evaluation of Selected Pesticides on the Natural Development of the Entomopathogen, *Nomuraea rileyi*, on the Velvetbean Caterpillar in Soybean . Department of Entomology and Nematology, University of Florida, Gainesville . Vol. 5, no. 5 pag. 964-966
- Duan, J. J.; Teixeira, D.; Huesing, J. E. and Jiang, C. 2008. Assessing the Risk to Nontarget Organisms from *Bt* Corn Resistant to Corn Rootworms (Coleoptera: Chrysomelidae): Tier-I Testing with *Orius insidiosus* (Heteroptera: Anthracoridae). *Environmental Entomology* 37(3): 838-844.
- García, G. C.; Lizárraga, S. G. J.; Armenta, B. A. D. y Apodaca, S. M. A. 2012. Efecto de productos biorracionales en la incidencia de hongos y concentración de aflatoxinas en maíz blanco cultivado en Sinaloa, México. *Revista Científica UDO Agrícola* 12:(4) 830-838.
- García-Gutiérrez C, González-Maldonado MB, Cortez-Mondaca E (2012) Uso de enemigos naturales y biorracionales para el control de plagas de maíz. *Ra Ximhai.* 8(3): 57-70.
- Gillespie AT, Claydon N (1989) The use of entomogenous fungi for pest control and the role of toxins in pathogenesis. *Pesticide Sci.* 27: 203-215.
- Gladstone, S. y A. Hruska. 2003. Una guía para promover el manejo de plagas más seguro y más eficaz con los pequeños agricultores: una contribución al cumplimiento ambiental de la USAID-APP. CARE, Atlanta, Georgia. pp. 25-65
- González, H. A.; Vázquez, G. L. M.; Sahagún, C. J.; Rodríguez, P. J. E. y Pérez, L. D. J. 2007. Rendimiento del maíz de temporal y su relación con la pudrición de mazorca. *Agricultura Técnica en México.* 33(1):33-42.
- Hegedus D, Khachatourians G (1995) The impact of biotechnology on hyphomycetous fungal insect biocontrol agents. *Biotechnol. Adv.* 13: 455-490.
- Harold FM (1999) In pursuit of the whole hypha. *Fungal Genet. Biol.* 27: 128-133.
- Hajek, A. E., and St. Leger, R. J. 1994. Interactions between fungal pathogens and insects hosts. *Annual Review of Entomology.* 39:293-322.
- Hajek AE (1997) Ecology of terrestrial fungal entomopathogens. *Adv. Microb. Ecol.* 15: 193-249.

- Herrera A.J. (1979) Principales plagas del maíz. Boletín Especial de la Dirección de Agricultura y Ganadería del Perú.
- Humber, R. A., 1992. Collection of entomopathogenic fungal cultures: catalog of strains. Department of Agriculture United States Agricultural Research Service. 177pp.
- Ignoffo, C.M. B. Futtler, N.L. Marston, D.L. Hostetter, W.A. Dickerson Show more (1975). Seasonal incidence of the entomopathogenic fungus *Spicaria rileyi* associated with noctuid pests of soybeans, Journal of Invertebrate Pathology, V. 25, 1, Pág. 135-137
- Jefferies LB, Xavier IJ, Matai RE, Khachatourians GG (1997) Relationships between fungal spore morphologies and surface properties for entomopathogenic members of the genera *Beauveria*, *Metarhizium*, *Paecilomyces*, *Tolypocladium*, and *Verticillium*. *Can. J. Microbiol.* 45: 936-948.
- Jones RL (1994) Role of field studies in assessing environmental behavior of herbicides. *Proc. Brighton crop protection conference. Weeds*. Vol. 3. 1275-1282.
- Jugenheimer, R.W. Maíz, variedades mejoradas, métodos de cultivo y producción de semillas. Ed. Limusa. México D.F. 1988. pp. 841.
- Khachatourians GG (1996) Biochemistry and molecular biology of entomopathogenic fungi. In Howard DH, Miller JD (Eds.) *The Mycota VI. Human and animal relationship*. Springer. Berlin, Alemania. pp 331-364.
- Khachatourians GG (1991) Physiology and genetics of entomopathogenic fungi. In Arora DK, Ajello L, Mukerji KG (Eds.) *Handbook of Applied Mycology Vol. 2: Humans, animals and insects*. Dakker. New York, U.S.A. pp. 613-661.
- Kato TA, Mapes C, Mera LM, Serratos JA, Bye RA (2009) Origen y diversificación del maíz: una revisión analítica. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México.
- Kato-Yamakake TA (2004) Variedades transgénicas y el maíz nativo en México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*. 1(2): 101-109.
- Kershaw MJ, Talbot NJ (1998) Hydrophobins and repellents: proteins with fundamental roles in fungal morphogenesis. *Fungal Genet. Biol.* 23: 18-33, 83.
- Kish, L. P. 1975. The biology and ecology of *wormuraea rileyi* (Farlow) Samson. Ph.D. thesis. University of Florida, Gainesville, Fla. 83 pp.

- Mendoza, E. M.; Andrio, E. E.; López, B. A.; Rodríguez, G. R.; Latournerie, M. L. y Rodríguez, H. S. A. 2006. Tasa de infección de la pudrición del tallo en maíz causada por *Fusarium moniliforme*. *Agronomía Mesoamericana* 17(1):19-24.
- Mendoza, E. M.; López, B. A.; Oyervides, G. A.; Martínez, Z. G.; De León, C. y Moreno, M. E. 2003. Herencia genética y citoplásmica de la resistencia a la pudrición de la mazorca del maíz (*Zea mays* L.) causada por *Fusarium moniliforme* Sheld. *Revista Mexicana de Fitopatología* 21(3):267-271.
- Mera, O. L. M. y S. C. MAPES. El Maíz. Aspectos Biológicos. En: Kato, T. A., C. Mapes, L. M. Mera, J. A. Serratos y R. A. Bye. Origen y diversificación del maíz: una revisión analítica. Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F. 2009. Pág. 116.
- Molina j., Lezama R., González M., Rodríguez M.A., Arceo F., 2003. Pathogens and nematodes associated with populations of fall armyworm (Lepdoptera: Noctuidae) larvae in Mexico. *Florida Entomologist* 86(3)
- Monzón, A. 2001 Producción, uso y control de calidad de hongos entomopatógenos en Nicaragua. *Manejo Integrado de Plagas*. (CATIE, Costa Rica) 63: 95-103.
- Olivo, M.; P. Alarcón-Cháires y L. Solis. 2001. Los pueblos del maíz, nomenclatura indígena de una planta sagrada. *Etnoecológica* 6(8): 103-106.
- Ortega A.C. 1987. Insectos nocivos del maíz: una guía para su identificación en el campo. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). México.
- Ortega A.C.; Paczka, R. 2003. La diversidad del maíz en México. In Esteva, G., y C. Marielle (Coordinadores). Sin Maíz no hay País. Consejo Nacional para la Cultura y las Artes, Dirección General de Culturas Populares e Indígenas, México, D. F. pp. 123-154.
- Pacheco-Covarrubias J.J. 1993. Monitoring insecticide resistance in *Spodoptera frugiperda* populations from the Yaqui Valley, Son., Mexico. *Resistant Pest Management, Newsletter* 5: 3-4.
- Paliwal, R. L.; Granados, G.; Lafitte, H. R. y Violic, A. D. 2001. El maíz en los trópicos: mejoramiento y producción. Depósito de documentos de la Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación (FAO). Roma, Italia en: <http://www.fao.org/docrep/003/x7650s/x7650s00.htm> (Fecha de consulta: agosto, 2015).

- Pucheta Diaz, M.; Flores Macías, A.; Rodríguez Navarro, N.; De la torre, M. mecanismos de acción de los hongos entomopatgenos. INCI, v.31, n. 12 856-860, 2006.
- Reyes CP (1990) El maíz y su cultivo. Agt – editor. s.a. México.
- Riquelme M, Reynaga PCG, Gires G, Bartnicki GS (1998) What determines growth direction in fungal hyphae?. *Fungal Genet. Biol.* 24: 101-109.
- Roberts, L. M., U. C Grant, R. Ramírez E., W. H. Hatheway, and D. L. Smith 1957., Races of maize in Colombia. In collaboration with P. C. Mangelsdorf. National Academy of Sciences- National Research Council, Publication 510, Washington, D. C. pp. 1-153.
- Rodríguez DLA, Marín AJ (2008) Insectos plaga y su control. En: Rodríguez MR, De León C (eds) El cultivo del maíz. Temas selectos 1, Colegio de postgraduados, Mundi Prensa, México, pp 29-46.
- Samson, R., Evans, H., Latge, J. 1998. "Atlas of Entomopathogenic Fungi" Springer-Verlag, Berlin. 300 p.
- St. Leger RJ, Roberts DW (1997) Engineering improved mycoinsecticides. *Trends Biotechnol.* 15: 83-87.
- Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2015. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). En: www.siap.gob.mx/index (Fecha de consulta: agosto, 2015).
- S.A.S. Institute. 2002. The SAS System for Windows, Release 9.0. SAS, Institute, Cary N. C. U.S.A.
- Silva-Aguayo, G, J. C. Rodríguez-Maciél, A. Lagunes-Tejeda, C. Landeral-Cázares, R. Alatorre-Rosas, A. M. Shelton and C. A. BLANCO. Bioactivity of Boldo (*Peumus boldus* Molina) (Laurales: Monimiaceae) on *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) and *Helicoverpa zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae). *Southwest. Entomol.* 2010, 35(3), 215-231.
- Tanada Y. and Kaya, H. 1993, Insect Pathology. Academic Press. San Diego, California. (USA). 666p.
- Tomasino, S.F., R.T. Leister, M.B. Dimorck, R.M. Beach. and J. Kelly. 1995. Field performance of clavibacter XYLI subsp Cynodontis expressing the insecticidal protein gene CRYIA(C) of *Bacillus thuringiensis* against European corn borer in field corn. *Bio. Cont.*, 5(3): 442-448 pp.

- Vega-Aquino P. (2008). Actividad de formulaciones en aceite de *Nomuraea rileyi* (Farlow) Samson e *Isaria tenuipes* (Peck) Samson, sobre larvas de cuatro lepidópteros. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, saltillo, Coahuila, México. Pág. 10
- Villa, M.; Catalan E. A. 2004. Determinación de estadios larvales de *Spodoptera frugiperda* (J.E.Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) para la construcción de un modelo de predicción. Folia Entomológica Mexicana 43:307-312
- Vivas, L. 2003. Plagas agrícolas de Venezuela: Artrópodos y vertebrados: gusano ejército *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) 1797. Ed. Entomología Venezolana
- Vergara, O. J. D., N.J.C. López., y C. B. Chávez. 2004. Evaluación de la patogenicidad de nematodo *Heterorhabditis bacteriophora* (Poinar) (Rhabditida:Heterorhabditidea) sobre la broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) en condiciones de laboratorio. En: XXIV Congreso Sociedad Colombiana de Entomología. Pereira: socolen.
- Wessels J.G.H. (1999). Fungi in their own right. *Fungal Genet. Biol.* 27: 134-145.
- Wu, F. 2006. Mycotoxin reduction in Bt corn: potential economic, health, and regulatory impacts. *Transgenic Research* 15(3):277-289.