

Presencia de hongos entomopatógenos nativos en suelos cultivados con maíz del municipio de Epitacio Huerta, Michoacán.

Presence of native entomopathogenic fungi in soils cultivated with corn from Epitacio Huerta municipality, Michoacán.

Alejandro Huerta-Ramírez^{1,2*}, Jhony Navat Enríquez-Vara³, Cecilia Guizar-Gonzalez³, Philippe Lobit¹, Nuria Gómez-Dorantes¹, Gabriel Rincón-Enríquez², Evangelina Esmeralda Quiñones-Aguilar², Luis López-Pérez^{1*}

¹ Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Km 9.5 Carretera Morelia-Zinapécuaro, C.P. 58880, Tarímbaro, Michoacán, México.; ² Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C. Camino Arenero 1227, El Bajío del Arenal, C.P. 45019, Zapopan, Jalisco, México. ³ CONACYT- Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C. Camino Arenero 1227, El Bajío del Arenal, C.P. 45019, Zapopan, Jalisco, México.

Resumen

El suelo es el hábitat para una gran diversidad de microorganismos y, muchos de estos, poseen la particularidad de ser agentes naturales contra plagas y enfermedades que atacan a los cultivos. Sin embargo, las diferentes prácticas agrícolas que realizan los productores, afectan las poblaciones de estos microorganismos. En este trabajo, se realizó un muestreo de suelos en cinco sitios con diferentes condiciones de prácticas agrícolas, donde generalmente se cultiva maíz en el municipio de Epitacio Huerta, Michoacán. Los predios seleccionados fueron: El Anteojo, La Ciénega, El Llano, Cecytem y El Secano. Con el suelo colectado, se realizó bioensayo donde se depositaron 60 gramos de suelo por sitio, en recipientes plásticos y se regaron a capacidad de campo, posteriormente se colocaron 10 larvas de *Galleria mellonella* para el trameo de los hongos entomopatógenos. Los recipientes se incubaron en cámara de crecimiento a 26 °C y una humedad relativa del 80 % durante 15 días. Al final del ensayo, se registró el número de larvas con síntomas de micosis. Los resultados mostraron diferencias en el porcentaje de incidencia de hongos entomopatógenos sobre las larvas, se encontró la presencia de *Beauveria* sp. y *Metarhizium* sp. En el suelo del predio el Anteojo y el Llano, se encontró una incidencia del 36.5 %; en el suelo de Cecytem la incidencia fue de 26.5 %, en el suelo de la Ciénega la incidencia fue del 20 % y en el predio el Secano del 10% pero sólo con la presencia de *Beauveria* sp. En este trabajo se encontró que, en suelos con una menor perturbación del suelo, aumentan las unidades infectivas de hongos entomopatógenos, lo cual incrementaría un

Abstract

The soil is the habitat for a great diversity of microorganisms and many of these, have the particularity of being natural agents against pests and diseases that attack crops. However, the different agricultural practices carried out by producers affect the populations of these microorganisms. In this work, a sampling soil was carried out in five sites with different conditions of agricultural practices, where corn is generally grown, in the municipality of Epitacio Huerta, Michoacán. The farms selected were: El Anteojo, La Ciénega, El Llano, Cecytem and El Secano. With the collected soil, a bioassay was carried out where 60 grams of soil were deposited per site, in plastic containers and irrigated at field capacity later, 10 larvae of *Galleria mellonella* were placed for entomopathogenic fungal trapping. The containers were incubated at 26 °C with a relative humidity of 80% for 15 days. At the end of the trial, the number of larvae with symptoms of mycosis was recorded. The results showed differences in the percentage of incidence of entomopathogenic fungi on the larvae, we found the presence of *Beauveria* sp. and *Metarhizium* sp. On the soil of the El Anteojo and El Llano, an incidence of 36.5% was found; in the Cecytem, the incidence was 26.5%, in the soil of the La Ciénega the incidence was 20% and in the Secano 10% but only with the presence of *Beauveria* sp. According to the results found, it is likely that agricultural practices determine the presence of entomopathogenic fungi. In this work it was found that, in soils with less soil disturbance, infective units of entomopathogenic fungi increase, which would potentiate the natural biocontrol.

control biológico de forma natural.

Palabras clave

Zea mays, *Clavicipitaceae*, *Pyralidae*, microorganismos, control biológico.

Autor de correspondencia:

Luis López Pérez, e-mail: alhura9@gmail.com, lexquilax@yahoo.com.mx

Introducción

Las exportaciones agroalimentarias en México crecieron un 13 % en el año 2017, con un total de 33 mil millones de dólares generados por su venta. Ante tal incremento la producción de alimentos se enfrenta a diversos retos para aumentar sus rendimientos y mantener la calidad de sus productos. La inocuidad alimentaria y los sistemas de producción con una generación de ingresos justa para los productores son fundamentales para mantener un nivel de calidad exigido por los países que adquieren los productos agroalimentarios (García y González, 2010). Un problema importante en México que disminuye la calidad de los productos agrícolas es el daño ocasionado por plagas. En el cultivo de maíz se presentan plagas como: gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J.E Smith), Gusano soldado *Spodoptera exigua* (Hübner), gusano elotero *Helicoverpa zea* (Boddie), (Lepidoptera: Noctuidae); mosca de los estigmas: *Euxesta stigmatias* Loew, *Eumecosomyia nubila* (Wiedemann) y *Chaetopsis massyla* (Walker) (Diptera: Otitidae), *Rhopalosiphum maidis* (Fitch.) (Homoptera: Aphididae) y *Frankliniella occidentalis* Pergande (Thysanoptera: Thripidae) (García *et al.*, 2012).

En el cultivo de maíz, generalmente se utilizan plaguicidas químicos sintéticos para el control de estas plagas y prevenir o disminuir su impacto. El control de plagas en maíz, en promedio representa aproximadamente el 5 % del costo de producción (Guzmán *et al.*, 2014). Por otro lado, el uso inadecuado de plaguicidas químicos, genera resistencia de los insectos hacia estos productos, la aparición de plagas secundarias, daños al medio ambiente, problemas de contaminación ambiental y en la salud del ser humano. Para contrarrestar estas consecuencias negativas, en los últimos años se están buscando alternativas que permitan desarrollar nuevas estrategias efectivas en el control y manejo

Keywords

Zea mays, *Clavicipitaceae*, *Pyralidae*, microorganisms, biological control.

Introduction

In Mexico the agri-food exports grew 13% in 2017, with a total of 33 milliard dollars generated by its sale. Despite this increase, food production has to make many challenges to increase its yields and maintain the quality of its products. Food safety and production systems with a fair income generation for producers are essential to maintain a level of quality required by the countries that purchase agri-food products (García and González, 2010). A major problem in Mexico that decreases the quality of agricultural products is the damage caused by pests. In the cultivation of corn there are pests such as: armyworm *Spodoptera frugiperda* (J.E Smith), Worm soldier *Spodoptera exigua* (Hübner), eloter worm *Helicoverpa zea* (Boddie), (Lepidoptera: Noctuidae); stigma fly: *Euxesta stigmatias* Loew, *Eumecosomyia nubila* (Wiedemann) and *Chaetopsis massyla* (Walker) (Diptera: Otitidae), *Rhopalosiphum maidis* (Fitch.) (Homoptera: Aphididae) and *Frankliniella occidentalis* Pergande (Thysanoptera: Thripidae) (García *et al.*, 2012).

In the cultivation of corn, synthetic chemical pesticides are generally used to control these pests and prevent or reduce their impact. Pest control in corn on average, represents approximately 5% of the production cost (Guzmán *et al.*, 2014). On the other hand, the inadequate chemical pesticides use, generates resistance of insects to these products, the appearance of secondary pests, damage to the environment, problems of environmental pollution and human health. To counteract these negative consequences, in recent years, alternatives have been sought to develop new effective strategies for the control and management of pests, which are environmentally friendly and sustainable (González *et al.*, 2012).

Among these alternatives we find biological control that is a method of pest control rational and friendly to the environment (Badii *et al.*, 2006). Biological control includes the use of parasitoid insects, predatory insects and pathogenic insect-pest microorganisms, among others. Within the pathogenic microorganisms are viruses, bacteria, nematodes and fungi (Alatorre *et al.*, 2000). It is known that approximately 80% of diseases that

de plagas, que sean amigables con el ambiente y sustentables (González *et al.*, 2012).

Entre estas alternativas encontramos el control biológico que es un método de control de plagas racional y amigable al medio ambiente (Badii *et al.*, 2006). El control biológico comprende el uso de insectos parasitoides, insectos depredadores y microorganismos patógenos de insectos-plagas, entre otros. Dentro de los microorganismos patógenos se encuentran virus, bacterias, nematodos y hongos (Alatorre *et al.*, 2000).

Se sabe que aproximadamente el 80% de la enfermedades que infectan a los insectos son causadas por hongos entomopatógenos (Badii *et al.*, 2006). Entre los hongos más efectivos y utilizados como insecticidas biológicos se encuentran *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin y *Metarhizium anisopliae* (Metchnikoff) Sorokin (Rodríguez y Arredondo, 2007); estos productos representan una estrategia ecológica efectiva en el combate de plagas.

Un factor clave de la eficacia en el uso de microorganismos entomopatógenos es, la identificación de la interacción plaga y hongos entomopatógenos nativos, para de este modo poder seleccionar el microorganismo de mayor potencialidad con base en su virulencia, persistencia, especificidad y los costos de producción del patógeno (Villalobos, 1992). Por ello, en este trabajo se estableció como objetivo, aislar e identificar hongos entomopatógenos de suelos cultivados con maíz, con diferentes prácticas agrícolas en el municipio de Epitacio Huerta, en el Estado de Michoacán.

Materiales y métodos

Ubicación de los sitios y muestreo de suelos.

Se realizó un recorrido por las diferentes zonas productoras de maíz del municipio de Epitacio Huerta, Michoacán. Se seleccionaron cinco sitios con diferentes condiciones edafoclimáticas y prácticas agrícolas en las parcelas, donde generalmente se cultiva maíz (Cuadro 1).

De cada sitio se realizó un muestreo de suelo, para esto, con la ayuda de una pala se tomaron cinco submuestras, a una profundidad de aproximadamente treinta centímetros. Las submuestras se depositaron en bolsas de plástico y se rotularon con los datos de campo correspondientes: nombre de predio, nombre de productor, localidad, la fecha de muestreo. Posteriormente, se trasladaron al laboratorio de Teledetección y Fisiología Vegetal del Instituto de

infect insects are caused by entomopathogenic fungi (Badii *et al.*, 2006). Among the most effective fungi used as biological insecticides are *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin and *Metarhizium anisopliae* (Metchnikoff) Sorokin (Rodríguez and Arredondo, 2007); these products represent an effective ecological strategy in the fight against pests.

A key factor in the effectiveness of the use of entomopathogenic microorganisms is the identification of the insect interaction and native entomopathogenic fungi, in order to select the microorganism with the greatest potential based on its virulence, persistence, specificity and production costs of the pathogen (Villalobos, 1992). Therefore, the objective of this work was isolate and identify entomopathogenic fungi from soils cultivated with corn, with different agricultural practices in the Epitacio Huerta municipality, in Michoacán México.

Materials and methods

Location of sites and soil sampling.

A tour through the different corn producing areas of the municipality of Epitacio Huerta, Michoacán was made. Five sites with different edaphoclimatic conditions and agricultural practices were selected in the plots where maize is usually grown (Table 1).

From each site a soil sampling was carried out, for this, with the help of a shovel, five subsamples were taken, at thirty centimeters of depth approximately. The subsamples were deposited in plastic bags and labeled with the corresponding field data: farm name, producer name, location, date of sampling. Subsequently, they were transferred to the Remote Sensing and Plant Physiology laboratory of the Agricultural and Forestry Institute Research (IIAF) for processing. In the laboratory, the subsamples were mixed to obtain a composite sample of soil from each sampled site, it were homogenized and dried in the shade at room temperature. A part of the composite sample was sent to the soil laboratory of the Technological Institute No. 7 of Morelia, for its physicochemical analysis (Table 2).

For the detection and isolation of entomopathogenic fungi, the trap insect technique was used (Zimmerman, 1986). With larvae of the "wax worm" *Galleria mellonella* (Lepidoptera: *Pyrilidae*) reproduced in the laboratory of the Center for Research and Assistance in Technology and Design of the State of Jalisco (CIATEJ), Zapopan unit. From each sample of homogenized soil, 60 g were placed in plastic container and water

Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IIAF) para su procesamiento. En el laboratorio, se mezclaron las submuestras para obtener una muestra compuesta de suelo de cada sitio muestreado, se homogenizó y se secó a la sombra a temperatura ambiente. Una parte de la muestra compuesta fue enviada al laboratorio de suelos del Instituto Tecnológico No. 7 de Morelia, para su análisis fisicoquímico (Cuadro 2).

was added to field capacity. The larvae of *Galleria mellonella* were introduced in water at 56 °C for ten seconds and dried on sterilized paper towels, to inhibit the wax producing glands and ensure contact with the soil. Ten last-instar *G. mellonella* larvae were placed in each vessel and incubated at 26 °C and 80% relative humidity for 15 days. After the incubation period, dead larvae with symptoms by fungal infection were extracted for

Cuadro1. Ubicación geográfica y prácticas agrícolas de los sitios de muestreo.

Table1. Geographic location and agricultural practices of the sampling sites.

Sitio	Ubicación Geográfica	Práctica Agrícola en Parcela
El Anteojo	19°59'45.75" N 100°21'48.53" O	Rotación anual cultivo-barbecho
La Ciénega	20°00'16.56" N 100°21'50.79" O	Enmienda de pH (adición de Cal agrícola)
El Llano	20°03'09.48" N 100°17'35.27" O	Rotación bianual cultivo-Pastoreo- quema de esquilmos
Cecytem	20°08'16.71" N 100°17'52.02" O	Rotación anual maíz-avena
El Secano	20°13'07.32" N 100°19'46.86" O	Incorporación de estiércol de bovino fresco

Para la detección y aislamiento de hongos entomopatógenos se utilizó la técnica del insecto trampa (Zimmerman, 1986). Con larvas del “gusano de la cera” *Galleria mellonella* (Lepidoptera: *Pyralidae*) reproducidas en laboratorio del Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco unidad Zapopan (CIATEJ). De cada muestra de suelo homogenizada, 60 g se colocaron en un recipiente plástico y se les agregó agua a capacidad de campo. Las larvas de *Galleria mellonella* se introdujeron en agua a 56 °C durante diez segundos y se secaron en toallas de papel esterilizadas, para inhibir las glándulas productoras de cera y asegurar el contacto con el suelo. En cada recipiente se colocaron diez larvas de *G. mellonella* de último estadio y fueron incubadas a 26 °C y una humedad relativa del 80 % durante 15 días.

Después del periodo de incubación, las larvas muertas con síntomas de infección por hongos se extrajeron para su procesamiento. La obtención de los hongos a partir de las larvas se realizó en cámara de flujo laminar. Las larvas con micosis se desinfectaron externamente con alcohol al 70 % y una solución de hipoclorito de sodio al 5 % y enjuagadas en agua esterilizada. Se cortaron rodajas de las larvas y se depositaron en cajas Petri con medio nutritivo a base de papa-dextrosa- agar y extracto de levadura al 1 %. Se incubaron a 26 °C durante 10 días. Cuando las cajas presentaron crecimiento de micelio, se

processing. The fungi were obtained from the larvae in a laminar flow chamber. Larvae with mycosis were disinfected externally with 70% alcohol and 5% sodium hypochlorite solution and rinsed in sterile water. Slices of the larvae were cut and placed in Petri dishes with nutritive medium based on papa-dextrose agar and 1% yeast extract. They were incubated at 26 °C for 10 days. When the dishes showed mycelial growth, incidence was recorded per site and the fungi were classified based on the coloration and growth of these on the insects. Likewise, microscope observations were made of their structures and they were identified according to Humber’s keys (1997).

With the data obtained, an analysis of variance and comparison of means was performed by the Tukey test (P <0.05), with the Statgraphics XV program (Statgraphics, 2005).

Results and Discussion

The collected soils present an extreme acidity condition in a range of 3.8 to 4.3. No tendency was observed between the previous agronomic management that was done on the plot and its pH value, except in the one where the amendment was applied with agricultural lime, which is where in spite of being still acid the soil is the site that has a higher pH value. It is well known that the nutrient concentrations in the five sites indicate that they are poor soils for corn cultivation. The five sites have low concentrations of organic nitrogen. Potassium is found in deficient concentrations in three sites and low in

registró la incidencia por sitio y se clasificaron los hongos con base en la coloración y crecimiento de estos sobre los insectos. Así mismo se realizaron, observaciones en microscopio de sus estructuras y se identificaron de acuerdo a las claves de Humber (1997). Con los datos obtenidos, se realizó un análisis de varianza y comparación de medias por la prueba de Tukey ($P < 0.05$), con el programa Statgraphics XV (Statgraphics, 2005).

Resultados y discusión

Los suelos colectados presentan una condición de la acidez extrema en un rango de 3.8 a 4.3. No se observó alguna tendencia entre el manejo agronómico previo que se le realizó a la parcela y su valor de pH, salvo en aquella donde se le aplicó la enmienda con cal agrícola, que es donde a pesar de ser todavía ácido el suelo es el predio que tiene un mayor valor de pH. Es notorio que las concentraciones de nutrientes en los cinco sitios indican que son suelos pobres para el cultivo del maíz. Los cinco sitios presentan concentraciones bajas de nitrógeno orgánico. El potasio se encuentra en concentraciones deficientes en tres sitios y bajo en los dos restantes. El nivel de materia orgánica en los cinco sitios se encuentra por debajo del nivel óptimo.

El nivel de acidez del suelo, pueden afectar la viabilidad de las estructuras reproductivas de los hongos entomopatógenos y disminuir la eficacia de

the other two. The level of organic matter in the five sites is below the optimum level (Table 2).

The acidity level of the soil can affect the viability of the reproductive structures of the entomopathogenic fungi and decrease the effectiveness of these in the control of pests. Góngora and collaborators (2013), mentioned that pH levels close to 7 benefit the germination of spores of entomopathogenic fungi. Elósegui and collaborators (2006), mentioned that the establishment of populations of entomopathogenic fungi in the soil is determined by the physical and chemical properties of each soil as well as those of the fungal strain.

Regarding the presence of entomopathogenic fungi, of the five plots sampled, in 80% the presence of entomopathogenic fungi was found. *Beauveria* sp. was detected in 100% of soil samples and *Metarhizium* sp. in 80%. When comparing the percentage of larvae infected by fungal genus, significant differences were found. *Beauveria* sp. infected 18% (27 larvae), while *Metarhizium* sp. 8% (12 trap insects) (Fig. 1).

Similar results have been reported by other authors for Mexico and Canada (Bidochka *et al.*, 1998, Lezama-Gutiérrez *et al.*, 2001, Molina-Ochoa *et al.*, 2002 and Hernández *et al.*, 2011). Bidochka and collaborators (1998), found the presence of these two entomopathogenic fungi in soils of Canada, with a higher frequency of *Beauveria bassiana* on *Metarhizium anisopliae*. In Mexico Lezama and collaborators (2001), reported that *Metarhizium anisopliae* had a higher

Cuadro 2. Análisis fisicoquímicos de los suelos muestreados.
Table 2. Physicochemical analyzes of the sampled soils.

Predio	Textura	pH	C.E. (dS.m ⁻¹)	M.O. %	N org. (kg.ha ⁻¹)	P (ppm)	K (ppm)	Ca (ppm)
El anteojo	Arcilloso	4.0	0.2	2.0	50.2 B	11 D	77 B	1150 B
La Ciénega	Franco arcilloso arenoso	4.3	0.3	2.5	61.9 B	25 A	46 D	1400 B
El Llano	Franco limoso	4.0	0.1	2.4	59.6 B	13 B	67 B	1100 B
Cecytem	Franco arcilloso arenoso	3.8	0.2	2.2	54.9 B	11 B	48 D	1000 B
El Secano	Franco limoso	4.1	0.3	1.7	41.6 B	11 B	41 D	2250 S

estos en el control de plagas. Góngora y colaboradores (2013) mencionan que niveles de pH cercanos a 7 benefician la germinación de esporas de hongos entomopatógenos. Elósegui y colaboradores (2006), mencionan que el establecimiento de poblaciones de hongos entomo-

abundance in soil samples from the states of Michoacán, Colima, Jalisco and Tamaulipas. Molina and collaborators (2002), reported that in states of Michoacán, Jalisco, Colima, Nayarit, Sinaloa and Veracruz, *Metarhizium anisopliae* had a higher incidence than *Beauveria bassiana*. In places where

patógenos en el suelo está determinado tanto por las propiedades físicas y químicas de cada suelo como por las de la cepa fúngica.

Respecto a los hongos entomopatógenos, de los cinco predios muestreados, en el 80% se encontró la presencia de hongos entomopatógenos. *Beauveria* sp. fue detectado en el 100% de las muestras de suelos y *Metarhizium* sp. en el 80%.

Al comparar el porcentaje de larvas infectadas por género de hongo, se encontraron diferencias significativas. *Beauveria* sp. infectó el 18% (27 larvas), mientras que *Metarhizium* sp. el 8% (12 insectos trampa) (Fig. 1).

a higher frequency of *Metarhizium anisopliae* has been reported in Mexico are tropical coastal zones with high relative humidity and temperature (Hernández et al., 2011). *Beauveria bassiana* has the ability to survive longer in temperate climates and in the presence of hosts that allow its infection cycle (Vanninen, 1996).

The El Anteojo and El Llano sites were statistically different in the percentage of insects infected with *Beauveria* sp. with respect to El Secano site. The El Secano site being the only one where *Metarhizium* sp. it was statistically different from the other sites. The incidence frequency of

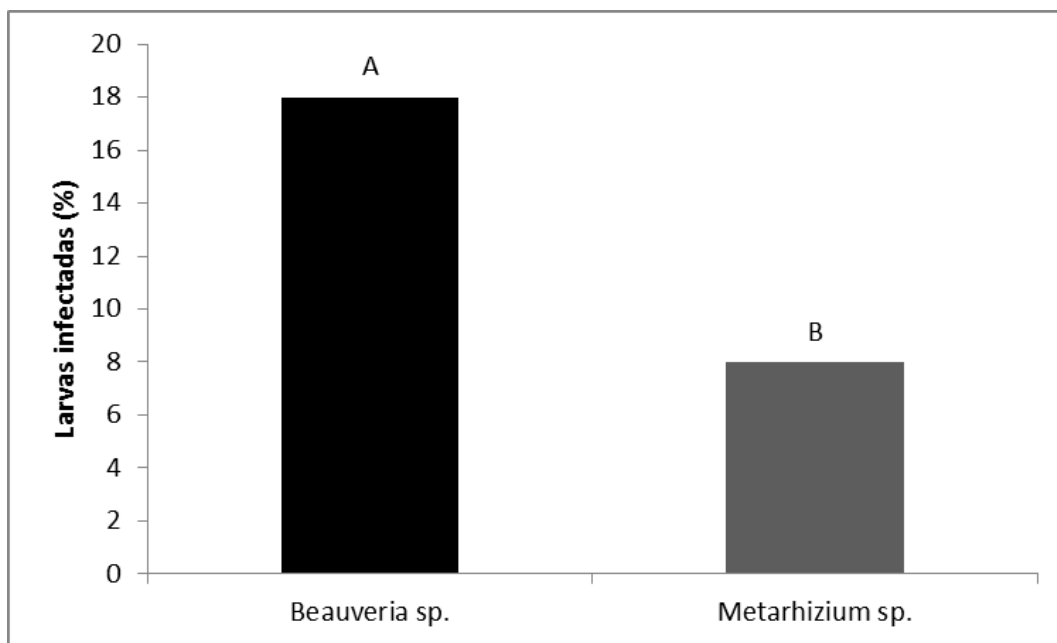


Figura 1. Porcentaje de larvas de *Galleria mellonella* infectadas por *Beauveria* sp. y *Metarhizium* sp. en cinco suelos para cultivo de maíz en el municipio de Epitacio Huerta Michoacán. Letras diferentes indican diferencias significativas (Tukey < 0.05).

Figure 2. *Galleria mellonella* larvae infected by entomopathogenic fungi in five soils for corn cultivation in Epitacio Huerta municipality Michoacán. Different letters indicate significant differences (Tukey < 0.05).

Resultados similares han sido reportados por otros autores para México y Canadá (Bidochka et al., 1998, Lezama-Gutiérrez et al., 2001, Molina-Ochoa et al., 2002 y Hernández et al., 2011). Bidochka y colaboradores (1998), encontraron la presencia de estos dos hongos entomopatógenos en suelos de Canadá, con una mayor frecuencia de *Beauveria bassiana* sobre *Metarhizium anisopliae*. En México Lezama y colaboradores (2001) reportaron que *Metarhizium anisopliae* presentó una mayor abundancia en muestras de suelo de los estados de Michoacán, Colima, Jalisco y

entomopathogenic fungi per site was, El Anteojo and El Llano 36.5%, Cecytem 26.5%, La Ciénega 20% and El Secano 10%, but the latter only with the presence of *Beauveria* sp. (Fig. 2).

In the sites where a previous rest cycle had been presented, they were statistically different from the site where only *Beauveria* sp. According to Sosa and Moscardi (1994) reports, *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Nomuraea rileyi* and *Paecilomyces* sp. they prevail in soils not cultivated with respect to those cultivated with soybeans. This

Tamaulipas. Molina y colaboradores (2002), reportaron que en los estados de Michoacán, Jalisco, Colima, Nayarit, Sinaloa y Veracruz, *Metarhizium anisopliae* presentó una mayor incidencia que *Beauveria bassiana*. En los sitios en los que se ha reportado una mayor frecuencia de *Metarhizium anisopliae* en México son zonas costeras tropicales con humedad relativa y la temperatura altas (Hernández *et al.*, 2011). *Beauveria bassiana* posee la capacidad de sobrevivir por más tiempo en climas templados y en presencia de huéspedes que permitan su ciclo de infección (Vanninen, 1996).

Los sitios El Anteojo y El llano fueron diferentes estadísticamente en el porcentaje de insectos infectados con *Beauveria* sp. con respecto al sitio El Secano. El sitio El Secano al ser el único en el que no se presentó *Metarhizium* sp. fue diferente estadísticamente a los demás sitios. La frecuencia de incidencia de hongos entomopatógenos por sitio fue, El Anteojo y El Llano 36.5 %, Cecytem 26.5 %, La Ciénega 20 % y El Secano 10%, pero este último sólo con la presencia de *Beauveria* sp. (Fig. 2).

may be due to the fact that with agricultural practices carried out on the ground, conidia are exposed to ultraviolet light and high temperatures, conditions that affect the survival and viability of these structures. Elósegui and collaborators (2006), mentioned that a quantity of viable propagules is required to guarantee infection, which must be of the order of 10⁴ units per insect as a minimum.

Conclusion

In this work it was found that, in the plots where the agricultural practice consisted of crop rotation (corn-oats) and in those where there was less tillage, the entomopathogenic infective units fungi increased. These results could indicate that the agricultural practices where there is less movement of soils, would increase the presence of populations of natural enemies of some pests that attack corn, and in this way biological control would be favored naturally. Likewise, according to our results, it is likely that agricultural practices determine the

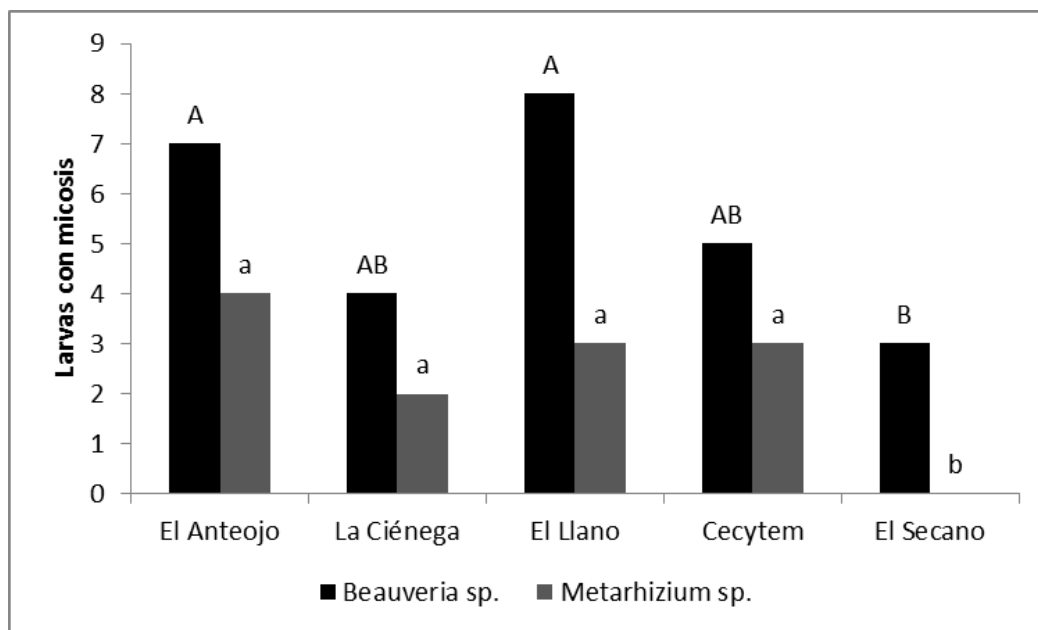


Figura 2. Larvas de *Galleria mellonella* infectadas por hongos entomopatógenos en cinco suelos para cultivo de maíz en el municipio de Epitacio Huerta Michoacán. Letras diferentes indican diferencias significativas (Tukey < 0.05).

Figure 2. *Galleria mellonella* larvae infected by entomopathogenic fungi in five soils for corn cultivation in Epitacio Huerta municipality Michoacán. Different letters indicate significant differences (Tukey < 0.05).

En los sitios en los que se había presentado un ciclo de descanso previo, resultaron estadísticamente diferentes del sitio en el que solo se presentó *Beauveria* sp. De acuerdo a lo reportado por Sosa y

presence and frequency of the incidence of entomopathogenic fungi in agricultural soils.

Moscardi (1994), *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Nomuraea rileyi* y *Paecilomyces* sp. prevalecen en suelos no cultivados con respecto a los cultivados con soya. Esto puede deberse a que con las prácticas agrícolas realizadas al suelo, los conidios son expuestos a la luz ultravioleta y altas temperaturas, condiciones que afectan la sobrevivencia y viabilidad de estas estructuras. Elósegui y colaboradores (2006) mencionan que se requiere de una cantidad de propágulos viables que garantice la infección, los que deben ser del orden de 10^4 unidades por insecto como mínimo.

Conclusión

En este trabajo se encontró que, en las parcelas donde la práctica agrícola consistió en una rotación de cultivo (maíz-avena) y en aquellas donde se presentó un menor laboreo, aumentaron las unidades infectivas de hongos entomopatógenos. Estos resultados podrían indicar que las prácticas agrícolas donde existe un menor movimiento de suelos, incrementaría la presencia de poblaciones de enemigos naturales de algunas plagas que atacan el maíz, y de este modo se favorecería un control biológico de forma natural. Así mismo, de acuerdo a los resultados encontrados, es probable que las prácticas agrícolas determinen la presencia y frecuencia en la incidencia de hongos entomopatógenos en suelos agrícolas.

Agradecimientos

La presente investigación forma parte de un trabajo de tesis apoyado por Proyecto 293362 de CONACYT del laboratorio nacional PLANTECC, Proyecto Cátedras CONACYT clave 0346 convocatoria 2016 y la Coordinación Investigación Científica 2018 de la UMSNH.

Referencias

- Alatorre R., Bravo H., Leyva J., y Huerta A. (2000). *Manejo Integrado de Plagas*. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), Subsecretaría de Desarrollo Rural, Dirección General de Apoyos para el Desarrollo Rural. pp 12.
- Badii, M. H., Abreu. J. L. (2006). Biological control a sustainable way of pest control. *International Journal of Good Conscience*. 1(1): 82-89.
- Bidochka, M., J., Kasperski y G. Wild. (1998). Occurrence of the entomopathogenic fungi *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana*

Acknowledgements

The present research is part of a thesis supported by Project 293362 of CONACYT of the national laboratory PLANTECC, Project CONACYT Chairs key 0346, 2016; and 2018 research program of the Scientific Research Coordination of the UMSNH.

- in soils from temperate and near-northern habitats. *Canadian Journal of Botany*, 76: 1198-1204.
- Elósegui Claro, O. y Jiménez Ramos, J. y Carr Pérez, A. (2006). Aislamiento, identificación y caracterización morfológica de aislados nativos de hongos mitospóricos con potencialidad para el control de especies de insectos plaga. *Fitosanidad*, [en línea] 10(4), pp.265-272. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=209116183003>
- García C., González M. (2010). Uso de bioinsecticidas para el control de plagas de hortalizas en comunidades rurales. *Ra Ximhai*, 6(1): 17-22.
- García-Gutiérrez, C., González-Maldonado, M. B., y Cortez-Mondaca, E. (2012). Uso de enemigos naturales y biorracionales para el control de plagas de maíz. *Ra Ximhai*, 8(3), 57-70.
- Góngora, C. E., Marín, P., & Benavides, P. (2013). Claves para el éxito del hongo *Beauveria bassiana* como controlador biológico de la broca del café. CENICAFE.
- González-Castillo, M., Aguilar, C. N. y Rodríguez-Herrera, R. (2012). Control de insectos-plaga en la agricultura utilizando hongos entomopatógenos: retos y perspectivas. *Rev. Científica de la Universidad Autónoma de Coahuila*, 4(8).
- Guzmán Soria, E., de la Garza Carranza, M. T., González Farías, J. P., y Hernández Martínez, J. (2014). Análisis de los costos de producción de maíz en la Región Bajío de Guanajuato. *Análisis Económico*, 29(70).
- Hernández-Velázquez V. M., Z. Cervantes Espíndola, F. J. Villalobos; L. L. García y G. Peña Chora. (2011). Aislamiento de hongos entomopatógenos en suelo y sobre gallinas ciegas (Coleoptera: Melolonthidae) en agroecosistemas de maíz. *Acta Zoológica Mexicana* (n. s.), 27(3): 591-599.
- Humber, R.A. (1997). Fungi: preservation of cultures, pp. 269-279. In: L. Lacey (Ed.). *Manual of techniques in insect pathology*. Academic Press 409 pp.
- Lezama-Gutiérrez, R., J. Ham, J. Molina-Ochoa, M. López-Edwards, A. Pescador-Rubio, M. González Ramírez y E. Styler. (2001). Occurrence of entomopathogens of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in the Mexican states of Michoacán, Colima, Jalisco and Tamaulipas. *Florida Entomologist*, 84: 23-30.
- Molina-Ochoa, J., Lezama-Gutiérrez, R., González-Ramírez, M., López-Edwards, M., Rodríguez-Vega, M., y Arceo-Palacios, F. (2003). Pathogens and Parasitic Nematodes Associated with Populations of Fall Armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) Larvae in Mexico. *Florida Entomologist*, 86(3), 244-253.
- Rodríguez L. A., Arredondo H. C. (2007). Libro: *Teoría y Aplicación del Control Biológico*. Sociedad Mexicana de Control Biológico, México. pp. 303.
- Sosa-Gómez, D. R. y F. Moscardi. (1994). Effect of till and no-till soybean cultivation on dynamics of entomopathogenic fungi in the soil. *Florida Entomologist*, 77: 284-287.
- Statgraphics centurion(version XV) [software]. User manual. Statpoint, Inc. USA.
- Vanninen, I. (1996). Distribution and occurrence of four entomopathogenic fungi in Finland: effect of geographical location, habitat type and soil type. *Mycological Research*, 100: 93-101.
- Villalobos, F. J. (1992). The potential of entomopathogens for the control of white grub pests of corn in Mexico, pp. 253-260. En: T. A. Jackson & T. R. Glare (Eds.), *Use of pathogens in scarab pest management*. Intercept. England.
- Zimmermann, G. (1986). The "Galleria" bait method for detection of entomopathogenic fungi in soil. *Journal of Applied Entomology*, 102: 213-215.