



División de Ciencias Biológicas

Departamento de Producción Agrícola y Animal

Licenciatura en Agronomía

Evaluación de *Metarhizium anisopliae* para el control biológico del chapulín (*Schistocerca piceifrons*) en la zona de Distrito de Riego en la alcaldía Xochimilco, Ciudad de México.

Alumno: José Antonio Garcia Segundo

No. de Matrícula: 2163065121

Asesor Interno: Dra. Silvia Rodríguez Navarro

Número Económico: 20232

Índice

I. Introducción.....	2
II. Justificación.	3
III. Marco teórico.	3
3.1. Cultivo de Maíz (<i>Zea mays</i>)	3
3.2. Morfología y Biología de <i>Schistocerca piceifrons</i> Walker (Barrientos, 1992) (Orthopter: Acrididae).....	5
3.3 Control biológico.	8
3.4. <i>Metarhizium anisopliae</i> (Metchnikoff) (Clavicipitaceae).....	8
IV. Objetivos.	9
V. Metas.....	9
VI. Metodología.....	10
VII. Resultados y discusión.....	13
VIII. Conclusiones.	19
IX. Recomendaciones.	19
X. Bibliografía.....	19

I. Introducción.

El Maíz, es uno de los cereales más importantes del mundo, suministra elementos nutritivos a los seres humanos, a los animales y es una materia prima básica de la industria, es un cultivo representativo de México, por su importancia económica, social y cultural. Su producción se divide en blanco y amarillo, el Maíz blanco se destina principalmente al consumo humano, mientras que la producción de Maíz amarillo se destina a la industria o la fabricación de alimentos balanceados para la producción pecuaria (ASERCA, 2018).

En México, se registran 59 variedades criollas de Maíz. En 2012 se publicó en el Diario Oficial de la Federación el acuerdo por el que se determinan centros de origen y centros de diversidad genética del Maíz estableciendo como tal a los Estados de Baja California, Baja California Sur, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, Sinaloa y Sonora (ASERCA, 2018).

Sin embargo, en la ciudad de México también se produce Maíz, para el 2019 y como un dato preliminar, se estima que se sembraron 3 mil 490 hectáreas, con una producción de 4 mil 984 toneladas y un rendimiento promedio de 1.48 toneladas por hectárea, el cultivo se realiza en condiciones de temporal y en ciclo primavera verano. En nuestro país, la mayor parte de la producción se destina al autoconsumo, sin embargo, la transformación del grano es una alternativa para obtener mejores ingresos (SADER, 2020).

El chapulín, *Schistocerca piceifrons* (Walker, Familia: *Acrididae*; Orden: *Orthoptera*) se ha convertido en una de las principales plagas de los cultivos de Maíz en zonas de temporal, esto se debe a su alta capacidad de reproducción, amplio rango de hospederos y hábitos migratorios, las cuales en términos generales, pueden llegar a causar pérdidas en rendimientos del orden del 50 al 60% en cultivos de granos básicos y se ha observado que pueden disminuir entre un 30 y 40% la producción de forraje; por lo que es muy importante controlarlas de manera oportuna antes de que causen daño y se dispersen a otras zonas (CESAVEG, s.f).

El uso excesivo de productos químicos en los cultivos agrícolas es un problema, ya que algunos insectos han desarrollado resistencia a estos (Lezama et al., 2012). Por lo tanto, es necesario buscar métodos alternativos, como lo es proponer el control biológico de plagas para poder minimizar el uso de estos productos químicos (Mirhaghparastet et al.,2013).

Los Hongos Entomopatógenos (HE), son un método de Control Biológico y actualmente se ha desarrollado tecnología para el uso y manejo de *Metarhizium anisopliae* para el control de la plaga de la langosta centroamericana (*Schistocerca piceifrons*) (SENASICA, 2020).

II. Justificación.

En la Ciudad de México, la agricultura urbana es una actividad relevante en la que se produce Maíz, Arroz, Avena, Chicharo, Brócoli, Apio, Espinacas, Papas, Romeritos, así como árboles frutales y diversas variedades de flores. La Ciudad de México cuenta con un territorio de 148 mil 178 hectáreas, de las cuales más de la mitad, el 58%, es suelo rural y zonas protegidas (SEDEREC, 2016).

El Área Natural Protegida Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco, fue establecida por decreto el 7 de mayo de 1992. Con una superficie de 2522 ha, la mayor parte de ésta corresponde a la zona chinampera de producción agrícola de los pueblos de Xochimilco, San Gregorio Atlapulco y San Luis Tlaxialtemalco (SEDEMA, 2012).

El cultivo de Maíz, ha disminuido necesariamente debido a que ya no se considera una actividad rentable, siendo preservada solo por algunos productores, además del cambio de uso de suelo, la adopción de otros cultivos como hortalizas o plantas de ornato sumándole a esto las múltiples plagas a las que es susceptible este cultivo (Ortega, 2016), siendo el chapulín (*Schistocerca piceifrons*) de las más devastadoras ocasionando daños que influyen de forma directa en los rendimientos y calidad del cultivo así como el aumento en los costos de producción (SENASICA, 2020).

Por ello es importante realizar un control fitosanitario utilizando productos que no alteren de manera negativa el ambiente en el que se desarrolla el cultivo.

III. Marco teórico.

3.1. Cultivo de Maíz (*Zea mays*)

El Maíz (*Zea mays*; Poaceae) es una planta de porte robusto de fácil desarrollo y de producción anual (Doebley y Iltis, 1980) (Figura 1 y 2).

Tallo: El tallo es simple erecto, de elevada longitud pudiendo alcanzar los 4 metros de altura, es robusto y sin ramificaciones. Por su aspecto recuerda al de una caña, no presenta entrenudos y si una médula esponjosa si se realiza un corte transversal (CONACYT, 2019).

Inflorescencia: El Maíz es de inflorescencia monoica con inflorescencia masculina y femenina separada dentro de la misma planta. En cuanto a la inflorescencia masculina presenta una panícula (vulgarmente denominadas espigón o penacho) de coloración amarilla que posee una cantidad muy elevada de polen en el orden de 20 a 25 millones de granos de polen. En cada florecilla que compone la panícula se presentan tres estambres donde se desarrolla el polen. En cambio, la inflorescencia femenina marca un menor contenido en granos de polen, alrededor de los 800 o 1000 granos y se forman en unas estructuras vegetativas denominadas espádices que se disponen de forma lateral (CONACYT, 2019).

Hojas: Las hojas son largas, de gran tamaño, lanceoladas, alternas, paralelinervias. Se encuentran abrazadas al tallo y por el haz presenta vellosidades. Los extremos de las hojas son muy afilados y cortantes (CONACYT, 2019).

Raíces: Las raíces son fasciculadas y su misión es la de aportar un perfecto anclaje a la planta. En algunos casos sobresalen unos nudos de las raíces a nivel del suelo y suele ocurrir en aquellas raíces secundarias o adventicias (CONACYT, 2019).

La importancia del Maíz en México: México es el principal productor de maíz blanco en el mundo. Asimismo, éste es el cultivo más importante del país ya que representa aproximadamente el 35% de la superficie sembrada durante un año agrícola, tanto para cultivos cíclicos como perennes; el grano de Maíz blanco se utiliza principalmente para la elaboración de tortillas y tamales, pero también pueden obtenerse aceites e insumos para la fabricación de barnices, pinturas, cauchos artificiales y jabones (CONACYT, 2019).

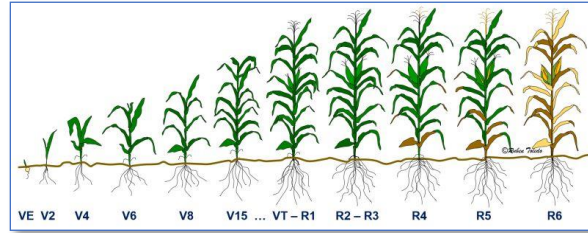


Figura 1. Etapas fenológicas del Maíz (*Zea mays*). Tomado de: <https://media.licdn.com/dms/image/C4D22AQGkQ9iPgl>

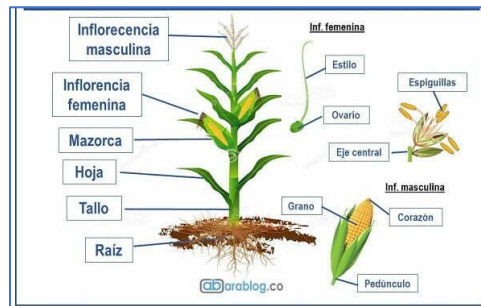


Figura 2. Partes del Maíz (*Zea mays*). Tomado de: <https://www.arablog.co/wp-content/uploads/2019/09/partes-de-la-planta-de-maiz.jpg>

3.2. Morfología y Biología de *Schistocerca piceifrons* Walker (Barrientos, 1992) (Orthopter: Acrididae).

La Langosta Centroamericana (*Schistocerca piceifrons*) (Figura 3) encuentra zonas o terrenos con condiciones ideales para su reproducción, que presentan una temperatura promedio de 27°C, con una precipitación pluvial promedio menor de 1,000 mm anuales, los terrenos están descubiertos o está presente sólo una poca cobertura vegetal y cercanos a las zonas cultivadas (Garza, 2005).



Figura 3. Langosta Centroamericana (*Schistocerca piceifrons*). Tomado de: <https://www.senasica.gob.mx%2FAtlasSanitario%2Fstorymaps%2F1c.html&sig=AOVaw1PUiy>

Descripción morfológica:

Huevos: Son alargados, levemente arqueados en forma de grano de arroz, con una longitud de 5 a 10 mm y un diámetro de 1 a 2 mm. Recién puestos son de color amarillo, pero este color oscurece con la edad hasta ponerse de un tono pardo claro al momento de la eclosión. (Garza, 2005). Son ovipositados en masas dentro del suelo envueltos de una capa de materia espumosa "ootecas", la cual protege a los huevos y al mismo tiempo permite su respiración. El número promedio de huevos por postura varía de 80 a 150 con un promedio de 90, mismos que son depositados en un tapón esponjoso que se endurece con el aire (Barrientos et al., 1992).

Ninfas: Las langostas jóvenes son conocidas como saltones o ninfas, éstas presentan de 5 a 6 estadios ninfales, la de primer instar mide de 6 a 7 mm y presenta 17 segmentos antenales; en el segundo instar aparecen los paquetes alares y presenta tres segmentos antenales más, mide de 10 a 14 mm; la del tercer instar mide de 16 a 18 mm y presenta 22 segmentos antenales y los paquetes alares toman una forma triangular; la ninfa del cuarto instar mide de 20 a 24 mm, se empieza a observar la venación en las alas y las antenas presentan 24 segmentos; la de quinto instar mide de 27 a 30 mm y presenta 26 segmentos antenales y la orientación de los paquetes alares cambia de la posición ventral a una posición posterior y la de sexto instar mide de 35 a 45 mm y presenta 28 segmentos antenales. La coloración de las ninfas varía de verde claro en su fase solitaria, amarillo en las fases intermedias y rosa o anaranjado rojizo en su fase gregaria con maculaturas negras en todos los casos, acentuándose más en la última fase (Garza, 2005).

Adultos: Presenta metamorfosis paurometábola, es decir, los inmaduros se parecen en forma básica a los adultos, excepto por su tamaño y por sus órganos sexuales que no están bien desarrollados. Especie bivoltina, es decir, con dos generaciones anuales. Los adultos miden aproximadamente 65 mm de longitud y pesan alrededor de 2 gr. En la fase solitaria la hembra es más grande que el macho, disminuyendo este dimorfismo sexual a medida que van hacia la fase gregaria. Los ojos compuestos son estriados bien visibles en la fase solitaria; y no se perciben en la forma gregaria, tanto en las ninfas como en el adulto, por ser totalmente negros (Garza, 2005).

Ciclo de vida: Los huevos eclosionan en un periodo de 15 a 20 días, para dar origen a las ninfas de primera generación. El periodo de cópula de la primera generación inicia en abril y finaliza hasta julio, lo cual coincide con el periodo de lluvias. La duración de la cópula es de 45 minutos hasta 7 horas y media. El adulto muere a los 22 días posteriores. La oviposición inicia en mayo y termina en julio, dura de 15 minutos a una hora. El periodo de ninfas inicia en mayo, dando fin en agosto.

El número de mudas que presenta la langosta varía de 5 a 7, generalmente presentándose hasta la 6, con una duración entre 51 y 89 días con una media de 60, aproximadamente 10 días por muda. Los adultos se presentan de julio a septiembre. Esta generación dura de 60 a 80 días y es la que ocasiona los mayores daños al cultivo (Barrientos, 2003) (Figura 4).

La segunda generación, inicia el periodo de cópula a finales de agosto y concluye en noviembre, el periodo de la oviposición va de septiembre a noviembre. La muerte del adulto se produce aproximadamente a los 22 días posteriores. El periodo de ninfas inicia a fines de septiembre y se prolonga hasta principios de enero, de los cuales el mes de octubre es el de mayor densidad poblacional. Los adultos se presentan de noviembre a abril ya que entran en diapausa imaginal, debido a la falta de humedad y condiciones desfavorables para continuar con el desarrollo sexual, esta generación tarda 155 días (Barrientos, 2003).

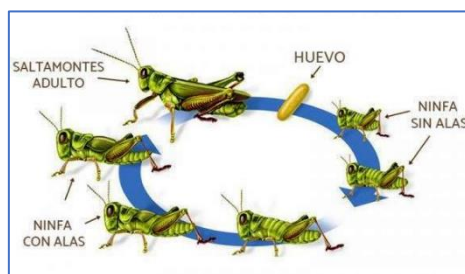


Figura 4. Ciclo de vida de la Langosta Centroamericana (*Schistocerca piceifrons*). Tomado de: <https://ciclodevida.net/wp-content/uploads/2019/02/ciclo-de-vida->

Comportamiento: Especie única del género que presenta un polimorfismo fásico (solitaria y gregaria), es decir, cambio de forma en sus distintas fases. En la forma solitaria se manifiesta un gran dimorfismo sexual; siendo el macho más pequeño en proporción a la hembra; en cambio en la forma gregaria, ambos sexos son casi iguales. Es una especie gregariapta, es decir, con la facultad de gregarizar, en función de las condiciones ecológicas (Galindo et al., 2013).

Situación en México: Plaga de importancia económica, presente, bajo control oficial.

En México, de acuerdo con su rango de hospedantes puede afectar gravemente 5.9 millones de hectáreas establecidas y distribuidas en 10 entidades federativas, lo que representa el 26.6 % del total de la superficie sembrada a nivel nacional con un volumen de producción de 57.9 millones de toneladas anuales y un valor de producción de \$71.8 mil millones de pesos (SNRF, 2016).

3.3 Control biológico.

Se utiliza para la regulación de poblaciones de insectos plaga y evitar la inducción de resistencia de los insectos por el uso excesivo de agroquímicos, así como solventar problemas de residuos para la producción orgánica de alimentos (Lobo et al., 2016).

Existen más de 750 especies de hongos entomopatógenos diseminados en el medio ambiente que provocan infecciones fungosas a ciertos insectos, las cuales pueden regular hasta en un 80% sus poblaciones (Lobo et al., 2016).

3.4. *Metarhizium anisopliae* (Metchnikoff) (Clavicipitaceae).

Es un hongo filamentoso caracterizado y utilizado para el control de plagas, además el uso de sus enzimas es empleado como catalizador biológico en el sector industrial (Díaz et al., 2007). Este hongo es considerado cosmopolita, pues se reporta en distintos lugares del mundo, esto se debe a su alta capacidad de adaptación a diferentes condiciones ambientales. Es un parásito autónomo que puede crecer como parásito de insectos o como saprofita, tiene un amplio rango natural de insectos huéspedes: 204 especies de 7 órdenes (ortópteros, hemípteros, dípteros, lepidópteros, dermápteros, himenópteros y coleópteros). El hongo es principalmente un parásito de los coleópteros en la naturaleza (Hernández et al., 2000). El *Metarhizium anisopliae* forma conidióforos simples o agregados, posee conidios alargados, ovoides o cilíndricos dispuestos en cadenas, originadas de conidióforos en forma de botella (Figura 5). Las conidias miden de 6 a 8 micras, son verde olivo, por lo que la enfermedad de los insectos se denomina “muscardina verde”.

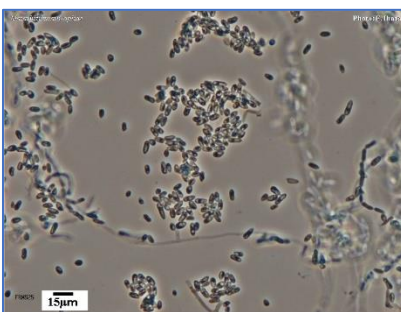


Figura 5. *Metarhizium anisopliae* visto desde microscopio. Tomado de: <https://www.naro.affrc.go.jp/org/fruit/epfdb/Deutte/Metarh/micro/FRM18.jpg>

Los hongos desarrollan la enfermedad en los insectos cuando la humedad relativa es de 70% con temperaturas que van entre los 24 y 30 °C para el caso de la "muscardina verde". Estos inician una infección cuando la espore se pone en contacto con el cuerpo del insecto (la quitina del cuerpo del insecto activa al hongo). Al germinar la espore, ésta emite un tubo germinativo que atraviesa la piel de la plaga e invade su interior, colonizando los diversos órganos; como consecuencia de la infección el insecto muere, su cuerpo se endurece y, al cabo de varios días, se observa un crecimiento algodonoso que sale de sus articulaciones (Lezama et al., 1997) (Figura 6).

Los insectos muertos por el ataque del hongo infectan por con tacto a otros insectos sanos y, si el ambiente es favorable para el desarrollo del hongo, la enfermedad se disemina rápidamente a toda la población (Rombach et al., 1996).



Figura 6. Muscardina verde provocada por *Metarhizium anisopliae* en *Schistocerca piceifrons*. Tomado de: <https://tecnovitaca.com/wp-content/uploads/2021/09/Metarhizium->

IV. Objetivos.

- Evaluar la eficacia del hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* como agente de control biológico de chapulín (*Schistocerca piceifrons*).
- Reducir la población de *Schistocerca piceifrons* en los cultivos del Distrito de Riego, ubicado en la alcaldía Xochimilco, CDMX.

V. Metas.

Disminuir las poblaciones de *Schistocerca piceifrons* mediante la aplicación del hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* como agente de control biológico en el cultivo de Maíz.

Proponer la aplicación de control biológico para reducir el uso de insecticidas que se utilizan para la plaga de *Schistocerca piceifrons*.

VI. Metodología.

Se llevó a cabo un estudio cualitativo para evaluar la eficiencia del hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* en el control biológico del chapulín en cultivos de Maíz.

La evaluación se realizó en "Distrito de Riego" ubicado en la Delegación Xochimilco, Ciudad de México, con coordenadas 19°17'07.9" N 99°05'12.5" W, (Figura 7). El área de estudio comprende una superficie de 1539m², teniendo como dimensiones 45m de largo y 34m de ancho (Figura 8). De acuerdo con el Fondo Sectorial de Investigación y Desarrollo sobre el Agua (2012) y correspondiendo a sus características físicas el suelo de esta localidad es mayormente franco arenoso, con un color negro que sugiere acumulación de materia orgánica y el pH ligeramente ácido.



Figura 7. Ubicación geográfica de la zona de estudio "Distrito de Riego", Xochimilco, CDMX.
Tomado de:
<https://www.google.com/maps/place/19%C2%>



Figura 8. Parcela de estudio "Distrito de Riego", Xochimilco, CDMX. Febrero del 2022.

Establecimiento del cultivo: Primer semana del mes de Marzo del 2022, ya que la siembra de Maíz en la parcela se realiza por temporal. Es importante mencionar que el productor realiza prácticas de agricultura de conservación, como la labranza de conservación, intercala cultivos y deja la cobertura vegetal del ciclo de cultivo pasado, por lo que, con ayuda de maquinaria el día 3 de Marzo del 2022 se barbecho el terreno, posteriormente se realizó el surcado de igual manera con ayuda de maquinaria agrícola, quedando estos surcos con una distancia entre sí de 0.80m (Figura 9).



Figura 9. Terreno barbechado y surcado.
"Distrito de Riego", Xochimilco, CDMX. 03 de
Marzo del 2022.

Siembra de Maíz: Se sembró el día 4 Abril del 2022 (Figura 10), este cultivo se intercalo con Haba y Chilacayote; se utilizaron semillas criollas de Maíz que el productor selecciono con anticipación.



Figura 10. Siembra de Maíz, Haba y
Chilacayote. "Distrito de Riego", Xochimilco,
CDMX. 04 de Abril del 2022.

Aplicación de tratamientos: A los 15 días posteriores de la siembra (18 de Abril del 2022) y el cultivo en etapa fenológica de plántula, se efectuó la primer aplicación del hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae*, posterior a esta aplicación se hicieron otras 3, cada una de ellas en estados fenológicos diferentes de la planta de Maíz (Figura 11). Se siguieron las recomendaciones de uso que proporciona el fabricante (METABIOSS®): camisa de manga larga, pantalón largo, lentes protectores, mascarilla para polvos, y uso de botas (Figura 12).

Fecha de aplicación	Número de aplicación	Estado fenológico del cultivo
18 de Abril del 2022	Primer aplicación	Plántula
2 de Mayo del 2022	Segunda aplicación	Crecimiento vegetativo (Vn)
16 de Mayo del 2022	Tercer aplicación	Crecimiento vegetativo (VT)
30 de Mayo del 2022	Cuarta aplicación	Floración

Figura 11. Fechas de aplicación de *Metarhizium anisopliae* y estados fenológicos del Maíz del 18 de Abril al 30 de Mayo del 2022.



Figura 12. Uso de protección protocolaria para la aplicación de *Metarhizium anisopliae*. "Distrito de Riego", Xochimilco, CDMX. 18 de Abril del 2022.

En cuanto a la cantidad de *Metarhizium anisopliae* aplicado se siguió la dosis sugerida por el fabricante (METABIOSS®), esta nos indica utilizar 500gr de hongo entomopatógeno por hectárea,

tomando en cuenta ese dato y el tamaño del área de estudio se obtuvo que la cantidad a aplicar en 1530m² es de 76.5gr.

$$\frac{500gr}{x} \rightarrow \frac{10000m^2}{1530m^2}$$

$$X= 76.5gr$$

Para la preparación de la mezcla se pesó la cantidad de hongo entomopatógeno requerido (76.5gr), para ello se utilizó una báscula marca Archy® y posteriormente se mezcló con un poco de agua en un recipiente, al tener la mezcla lo más homogénea posible se vertió el contenido en una mochila pulverizadora de 25 litros Marca Hyundai® (Figura 13).



Figura 12. Mochila pulverizadora lista con la mezcla para la aplicación de *Metarhizium anisopliae*. “Distrito de Riego”, Xochimilco, CDMX. 18 de Abril del 2022.

VII. Resultados y discusión.

El número de aplicaciones de *Metarhizium anisopliae* (4), durante el desarrollo fenológico del cultivo de Maíz, en “Distrito de Riego” redujo de manera significativa la población de *Schistocerca piceifrons*, se obtuvieron los siguientes resultados:

Aplicación preventiva (18 de Abril del 2022)

En los terrenos que se encuentran alrededor de la parcela y en la parcela del productor se detectó la presencia de huevecillos (Figura 13) y ejemplares en etapa de ninfa (Figura 14), con esta aplicación preventiva se busca que los ejemplares en etapas tempranas de desarrollo se infecten y esos mismos ejemplares puedan transmitirse el hongo entre sí, además de proponer un control biológico natural en donde el hongo entomopatógeno se desarrolle de manera natural en el suelo, característica de *Metarhizium anisopliae*.



Figura 13. Huevecillos de *Schistocerca piceifrons* presentes en la parcela de estudio. "Distrito de Riego", Xochimilco, CDMX. 18 de Abril del 2022.



Figura 14. Presencia de ninfas de *Schistocerca piceifrons* en maleza. "Distrito de Riego", Xochimilco, CDMX. 18 de Abril del 2022.

Segunda aplicación (2 de Mayo del 2022)

El Maíz en su etapa fenológica de crecimiento vegetativo, se observaron pequeñas ninfas de chapulín en la parcela (Figura 15) además de poblaciones más concentradas en las maleza que creció en este periodo por las lluvias, de alguna manera funcionan como cultivo trampa y los chapulines aún no causan daños significativos visibles en el cultivo (Figura 16).



Figura 15. Ninfas de *Schistocerca piceifrons* presentes en la planta de Maíz. "Distrito de Riego", Xochimilco, CDMX. 2 de Mayo del 2022.



Figura 16. Ninfas de *Schistocerca piceifrons* presentes en la maleza de la parcela de estudio. "Distrito de Riego", Xochimilco, CDMX. 2 de Mayo del 2022.

Tercer aplicación (16 de Mayo del 2022)

Las plantas de Maíz ya tienen un tamaño aproximado de 70cm, el crecimiento y desarrollo de la planta transcurre de manera correcta (Figura 17). Al realizar una exploración se encontraron ejemplares de chapulín adultos y ninfas, estos empiezan a ser más evidentes en el terreno, aún no han causado daño significativo en el cultivo de Maíz, pero ya se empiezan a alimentar de los cultivos con los que se intercalo el Maíz, provocando en el Haba y el Chilacayote daños leves (Figura 18).



Figura 17. Crecimiento vegetativo (VT) de la planta de Maíz. "Distrito de Riego", Xochimilco, CDMX. 16 de Mayo del 2022.



Figura 18. Ninfas de *Schistocerca piceifrons* presentes en la planta de Haba. "Distrito de Riego", Xochimilco, CDMX. 2 de Mayo del 2022.

Cuarta aplicación (30 de Mayo del 2022)

El Maíz ha alcanzado su etapa de floración, las plantas son grandes y no se observan daños físicos que superen el umbral económico (Figura 19). Se detectó la presencia de chapulines en estados de ninfa y adultos pero la gran mayoría se encuentra entre la maleza que se desarrollo con el transcurso del tiempo y los cultivos con los que se intercaló el Maíz, es importante resaltar que las plantas de Maíz con mayor afectación se encuentran en las orillas de parcela, estas plantas si han sufrido daños graves en sus hojas, se puede apreciar que el daño es ocasionado por los chapulines que se encuentran en los terrenos vecinos en donde existe una concentración mayor de la plaga (Figura 20).



Figura 19. Planta de Maíz en etapa de floración.
"Distrito de Riego", Xochimilco, CDMX. 30 de Mayo del 2022.



Figura 20. Daños en las plantas de Maíz y maleza ubicadas en las orillas de la parcela de estudio. "Distrito de Riego", Xochimilco, CDMX. 30 de Mayo del 2022.

Un par de semanas antes de la cosecha (5 de Septiembre del 2022) se realizó una limpieza de terreno, para retirar la mayor parte de maleza y poder pasar entre los surcos para cosechar de mejor manera (Figura 21). En esta limpieza se identificó una presencia mayor de chapulines en los cultivos asociados y la maleza, además de que en la parte ventral de la parcela no se ubicaron plantas de Maíz con daño significativo en sus hojas y frutos (Figuras 22 y 23).



Figura 22. Limpieza de parcela precosecha.
"Distrito de Riego", Xochimilco, CDMX. 5 de Septiembre del 2022.



Figura 22. Planta de Maíz sin daño físico aparente en hojas, presente en la zona central de la parcela. "Distrito de Riego", Xochimilco, CDMX. 5 de Septiembre del 2022.



Figura 23. Planta de Maíz y su fruto sin daño físico aparente presente en la zona central de la parcela. "Distrito de Riego", Xochimilco, CDMX. 5 de Septiembre del 2022.

Cosecha (23 de Septiembre del 2022):

El Maíz se encamo en algunas partes de la parcela por la cantidad de plantas y las fuertes lluvias que acompañaron este ciclo de cultivo, aun así, se aprecian plantas de Maíz fuertes y llenas de mazorcas (Figura 24). Se cosecharon mazorcas con un buen llenado (Figura 25) y en palabras del productor se obtuvo una cosecha considerablemente mayor en comparación con ciclo pasado, lo que asegura que el Maíz recibió un daño mucho menor, a pesar de la presencia un poco elevada de *Schistocerca piceifrons* en las cabeceras del cultivo las mazorcas cosechadas no sufrieron daños significativos.



Figura 24. Plantas de Maíz listas para ser cosechadas. "Distrito de Riego", Xochimilco, CDMX. 23 de Septiembre del 2022.



Figura 25. Mazorcas de Maíz cosechadas. "Distrito de Riego", Xochimilco, CDMX. 23 de Septiembre del 2022.

Distribución espacial de Chapulines:

Se localizó mayor número de chapulines en las cabeceras de la parcela, esta información sugiere una dinámica poblacional espacial en la infestación, este dato puede atribuirse a la falta de cultivos o medidas de control en los terrenos circundantes. La ausencia de cultivos en estas áreas podría estar proporcionando un refugio cómodo para la proliferación del Chapulín, al encontrarse más cómodos y con las fuertes lluvias la maleza creció muy alta proporcionándoles así hojas anchas y pastos que de acuerdo a SENASICA (2020), proporcionan las condiciones tanto climáticas como alimenticias para proliferar en un gran número, además de que al realizar una aplicación preventiva 15 días después de la siembra se asentaron bases para que el hongo se adhiriera tanto a las ninfas presentes como al suelo de cultivo evitando así que los chapulines se reprodujeran de manera efectiva en la parcela.

Impacto en cultivos asociados:

El cultivo de Haba y el cultivo de Chilacayote, asociados al Maíz fueron los más afectados por los daños de *Schistocerca piceifrons*, posiblemente se deba a que estos cultivos podrían estar actuando como cultivos trampa, los cultivos trampa se componen de una o más especies de plantas que se establecen para atraer insectos plaga con el fin de proteger el cultivo comercial. La protección puede lograrse ya sea evitando que las plagas accedan al cultivo comercial o bien concentrándolas en una zona determinada en el campo, los insectos tienen preferencias por ciertas especies de plantas, ciertos cultivares o bien por plantas que se encuentran en determinadas etapas fenológicas, esto se debe a que responden a algunas señales atrayentes, dichas señales pueden ser visuales, táctiles, olfativas o una combinación de estímulos (Caldwell, et. al., 2013). Este fenómeno destaca la complejidad de las relaciones entre las diferentes especies de cultivos y sus interacciones con las plagas.

Desplazamiento Poblacional:

La presencia de ejemplares de *S. piceifrons* en los terrenos aledaños a la parcela en donde se aplicó el tratamiento, permite señalar el desplazamiento poblacional del Chapulín. Estos sugieren que, aunque el tratamiento con *Metarhizium anisopliae* pudo haber sido efectivo en el área de estudio, la migración de *Schistocerca piceifrons* hacia áreas no tratadas presenta desafíos en términos de manejo a nivel de paisaje o de comunidad agrícola. Este fenómeno podría atribuirse a la presión selectiva ejercida por el hongo en el área tratada, impulsando a los chapulines sobrevivientes a migrar en busca de nuevos recursos. La falta de una presencia alta de Chapulín en la zona central de la parcela sugiere una eficacia localizada del control biológico, esto respalda la idea de que el hongo entomopatógeno tuvo un impacto positivo en la reducción de la población de chapulines en esa área específica.

Evaluación Comparativa con Ciclo de Cultivo Anterior:

Los antecedentes que existen de la parcela en donde se aplicó *Metarhizium anisopliae* señalados por parte del productor de que, en comparación con el ciclo de cultivo pasado, el chapulín no ocasionó daño directo a las plantas de Maíz, es un indicador alentador de la efectividad del tratamiento. Esta observación práctica respalda los resultados cualitativos obtenidos y sugiere una mejora en la resiliencia de los cultivos frente a la plaga.

VIII. Conclusiones.

Los resultados obtenidos demostraron una reducción apreciable en la presencia y actividad de *Schistocerca piceifrons* en comparación con áreas no tratadas. Sin embargo, se observó que la efectividad del *Metarhizium anisopliae* no fue suficiente para una disminución del 100% de la población de chapulines.

La implementación de cuatro aplicaciones con intervalos de 15 días demostró ser una estrategia que contribuyó al control sostenido de la plaga.

Estos resultados plantean cuestionamientos importantes sobre el manejo integrado de plagas. Mientras que *Metarhizium anisopliae* demostró ser una herramienta valiosa para el control, la movilidad de la plaga hacia áreas no tratadas subraya la necesidad de estrategias coordinadas a nivel de paisaje o comunidad agrícola para abordar la dispersión de plagas.

La evaluación cualitativa respalda la viabilidad del uso de *Metarhizium anisopliae* como una herramienta efectiva en el control del chapulín en cultivos de maíz.

IX. Recomendaciones.

Los resultados presentados subrayan la necesidad de adoptar estrategias de manejo integral de plagas que vayan más allá de las fronteras de las parcelas individuales.

La migración de *Schistocerca piceifrons* hacia terrenos no tratados destaca la importancia de la coordinación entre agricultores en áreas circundantes.

Además, se recomienda explorar en futuras investigaciones la posibilidad de estrategias de manejo que incorporen tanto tratamientos locales como medidas a nivel de paisaje para abordar el desplazamiento poblacional observado.

X. Bibliografía.

Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios (ASERCA). 2018. Maíz grano cultivo representativo de México. México. Recuperado de: <https://www.gob.mx/aserca/articulos/maiz-grano-cultivo-representativo-de-mexico?idiom=es>

Alcaldía Xochimilco. 2022. Flora y Fauna. México. Recuperado de <http://www.xochimilco.cdmx.gob.mx/flora-y-fauna/>

Barrientos, L., Astacio, O., Álvarez, F., Poot, O. 1992. Manual técnico sobre la langosta voladora (*Schistocerca piceifrons* Walker 1870) y otros acridoideos de Centro América y Sureste de México. FAO-AGOLIOIRSA. San Salvador, El Salvador.

Barrientos, L. 2003. Orthopteros Plaga de México y Centro América: Guía de Campo. Instituto Tecnológico de Cd. Victoria, COSNET, SEPCONACYT. México.

Caldwell, B., Sideman, E., Seaman, A., Shelton, A., y Smart, C. (2013). Resource Guide for Organic Insect and Disease Management. CALS Communications. Geneva, New York.

Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Guanajuato (CESAVEG). Sf. Manual de Manejo Integrado de Chapulín. Guanajuato, México.

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). 2019. Maíz. México. Recuperado de: <https://conacyt.mx/cibiogem/maiz>

Díaz, M., García, L., Galindo E., Lezama R., Ángel C., Rodríguez R., y Fragoso H. 2007. Evaluation of *Metarhizium anisopliae* (Hyphomycetes) for the control of *Boophilus microplus* (Acari: Ixodidae) on naturally infested cattle in the Mexican tropics. *Vet.Parasitol.* 147(3-4):336-340.

Doebley, J. y Iltis, H. 1980. Taxonomy of *Zea* (Gramineae). I. A subgeneric classification with key to taxa. *Amer. J. Bot.* 67(6): 982-993.

Galindo, M., Contreras, C. y Ibarra, E. 2013. La plaga de langosta centroamericana *Schistocerca piceifrons piceifrons* (Walker) una visión multidisciplinaria desde la perspectiva del riesgo fitosanitario en México. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. México.

Garza, E. 2005. La langosta *Schistocerca piceifrons piceifrons* y su manejo en la planicie huasteca. Folleto SAGARPA, Técnico Instituto No. Nacional 12. de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. San Luis Potosí, México. 23 p.

Hernández, M., Berlanga, M. y Barrientos, L. 2000. Vegetable and mineral oil formulations of *Metarhizium anisopliae* var. *Acridum* to control the Central American Locust (*Schistocerca piceifrons piceifrons* Walker) (Orthoptera: Acrididae). *J. Orthoptera Res.* 9: 223-227.

Lezama, R., Molina, O y Rebolledo, E. 1997. Evaluación de hongos entomopatógenos para el control de insectos plaga de importancia agrícola. XX Congreso Nacional de Control Biológico.

Lezama R., Molina J., Chávez O., Ángel, A.; Skoda, R., Reyes, G., Barba, M., Rebolledo O., Ruíz, L. y Foster, E. 2012. Use of the entomopathogenic fungi *Metarhizium anisopliae*, *Cordyceps bassiana* and *Isaria fumosorosea* to control *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) in persian lime under field conditions. *Int.J. Trop.Insect. Sci.*32(1):39-44.

Lobo, S., Rodrigues, J. y Luz, C. 2016. Effectiveness of *Metarhizium anisopliae* formulations against dengue vectors under laboratory and field conditions. *Bio.Sci.Technol.*26(3):386-401

Mirhaghparast, K., Zibaee, A. y Hajizadeh, J. 2013. Effects of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* on cellular immunity and intermediary metabolism of *Spodoptera littoralis Boisduval* (Lepidoptera: Noctuidae). *Invertebrate Survival J.*10:110-119.

Ortega, R. 2016. Diversidad del Maíz en la ANP Ejido de Xochimilco y de San Gregorio Atlapulco, Delegación Xochimilco, Ciudad de México. Universidad Autónoma de Chapingo. México.

Rombach, C., Aguda, R., Shepard, B. y Roberts, D. 1996. Entomopathogenic fungi (*Deuteromycotina*) in the control of the black bug of the rice *Scotinophara coartata* (Hemiptera: Pentatomidae)", en *J. Invert. Pathol.*, 9: 174-179.

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). 2020. Maíz grano en la Ciudad de México. México. Recuperado de: <https://www.gob.mx/agricultura/cdmx/articulos/maiz-grano-en-la-ciudad-de-mexico?idiom=es>

Secretaría de Desarrollo Rural y Equidad para las Comunidades (SEDEREC). 2016. Consume lo que se produce en el campo de la ciudad de México. CDMX. México. Recuperado de: <https://www.sepi.cdmx.gob.mx/comunicacion/nota/sederec-incentiva-la-compra-de-productos-hechos-en-la-cdmx-traves-de-campana-consumelocalcdmx>

Secretaría de Medio Ambiente (SEDEMA). 2012. Xochimilco. Gobierno del Distrito Federal, México. Recuperado de: <https://www.gob.mx/medio-ambiente/cdmx/articulos/xochimilco-gobierno-del-distrito-federal>

extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://martha.org.mx/una-politica-con-causa/wp-content/uploads/2013/09/04-Xochimilco.pdf

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Ciclo agrícola 2014. México. Recuperado de: <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-laproduccion-agricola-por-cultivo/>

Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA). 2020. Chpulín (Plaga endémica). Recuperad de: <https://www.gob.mx/senasica/documentos/chapulín-plaga-endemica-110886>

Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA). 2020. Ficha Técnica Chapulín. *Brachystola ssp. Melanoplus diferencialis. Shenarium purpuracens*. Recuperado de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/124821/Ficha_t_cnica.pdf

Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA). 2020. Hongos entomopatógenos. Centro Nacional de Referencia de Control Biológico. México. Recuperado de: <https://www.gob.mx/senasica/documentos/hongos-entomopatogenos>