



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Tlajomulco



TESIS

CON EL TEMA:

“Evaluación del efecto de dos insecticidas sobre el control de Gorgojo del maíz (*Sitophilus Zea mays*)”

QUE PRESENTA:

VICTOR HUGO GUTIERREZ ELIAS

ASESOR:

ING. FAUSTINO RAMIREZ RAMIREZ

REVISORES:

**ING. ALVARO ALFREDO ORTIZ GARCIA
ING. MIGUEL HERNANDEZ FLORES**

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO EN AGRONOMIA**

TLAJOMULCO DE ZÚÑIGA, JALISCO. MARZO, 2023.



Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco, **20/febrero/2023**

No. DE OFICIO: D.SA/341/2023
ASUNTO: Autorización de impresión
definitiva y digitalización

C. VICTOR HUGO GUTIERREZ ELIAS
PASANTE DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN AGRONOMÍA
P R E S E N T E

Dado que el Comité dictaminó como **APROBADA** su TITULACIÓN INTEGRAL OPCIÓN I (TESIS), con el tema **“Evaluación del efecto de dos insecticidas sobre el control de Gorgojo del maíz (*Sitophilus Zea mays*)”** y determinó que da cumplimiento con los requisitos establecidos, se le notifica que tiene la autorización para su impresión definitiva y digitalización.

Sin otro particular quedo de usted.

ATENTAMENTE

*Excelencia en Educación Tecnológica®
Educando para la Sociedad Actual y los Retos del Futuro*

C. MARÍA ISABEL BECERRA RODRÍGUEZ
DIRECTORA DEL PLANTEL



C.c.p.- Coordinación de Apoyo a la Titulación. - Edificio
C.c.p.- Mutuario. -

MIBR/AIBR/ALGC/mjhc





Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco, **16/FEBRERO/2023**

No. DE OFICIO: D.SA/DCA/074/2023
ASUNTO: Liberación de proyecto para
la titulación integral.

**ICE. ANA LUISA GARCIA CORRALEJO
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES
P R E S E N T E**

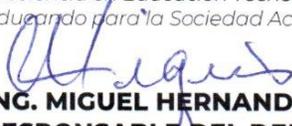
Por este medio informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para la titulación integral:

NOMBRE DEL ESTUDIANTE Y/O EGRESADO:	VICTOR HUGO GUTIERREZ ELIAS
NO. DE CONTROL:	18940054
PRODUCTO:	OPCIÓN I (TESIS)
CARRERA:	INGENIERÍA EN AGRONOMIA
NOMBRE DEL PROYECTO:	"Evaluación del efecto de dos insecticidas sobre el control de Gorgojo del maíz (<i>Sitophilus Zea mays</i>)"

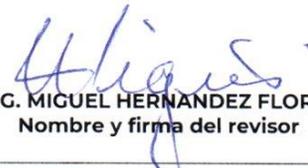
Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®
Educando para la Sociedad Actual y los Retos del Futuro


**ING. MIGUEL HERNANDEZ FLORES
RESPONSABLE DEL DEPARTAMENTO
DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**



 ING. FAUSTINO RAMIREZ RAMIREZ Nombre y firma del asesor	 ING. ALVARO ALFREDO ORTIZ GARCIA Nombre y firma del revisor	 ING. MIGUEL HERNANDEZ FLORES Nombre y firma del revisor
--	--	--

C.c.p.- Expediente.
MHF/mjhc*



Agradecimientos

A mis padres y Hermana :

Este Logro es Dedicado especialmente a mis padres.

Mama: **Santos María Cecilia Elías Hermosillo** Gracias por todo el amor que me brindaste, consejos y apoyo. Papa: **Victor Gutierrez Torres** gracias por todo el tiempo que estuviste conmigo, compartiendo tus experiencias, conocimientos y consejos, impulsándome a ser un hombre de bien. **Teresa Gutierrez Elías** por apoyarme en los momentos que se requerían.

A mi Esposa:

Dolores Alejandra Sanchez Aguilera Por el amor y apoyo que me brindo durante el proceso de mi carrera y durante todo el tiempo que hemos convivido. A si como reconocer el pilar fundamental para formar la hermosa familia que ahora formamos junto a nuestros hijos Victor Mateo y Damián Alejandro.

A mi Asesores:

Ing. Faustino Ramírez Ramírez
Ing. Rigoberto Jiménez Macias
Ing. Álvaro Alfredo Ortiz García

Con Respeto y admiración por brindarme sus conocimientos y su instrucción durante el presente trabajo, no queda más que decir gracias

A mis maestros :

Por el tiempo y esfuerzo que dedicaron a compartir sus conocimientos. Sin su instrucción profesional no habría llegado a este nivel, Quienes brindaron dedicación al impartir su catedra de tal forma que lo llevara a la vida profesional.

A la institución

Que me permitió acceder a la educación y conocimientos que durante este tiempo me brindaron

A Dios :

Por brindarme Vida, Salud y Sabiduría a lo largo del estudio de la carrera de ingeniería en agronomía.

Evaluación del efecto de dos insecticidas sobre el control del gorgojo del maíz (*Sitophilus Zea mays*)

F. Ramírez-Ramírez¹, V. H. Gutierrez-Elías¹

¹Tecnologico Nacional de México Campus Tlajomulco, Jal., Department of Agricultural Sciences. Km 10 Tlajomulco-San Miguel Cuyutlán highway, Tlajomulco de Zuñiga, Jalisco. CP 45640. Tel (33) 3772-4426 and 3772-4427..

E-mail: faustino.rr@tlajomulco.tecnm.mx

RESUMEN

Durante el manejo postcosecha del maíz (*Zea mays L.*) se presentan pérdidas importantes por el ataque de plagas de almacén, particularmente por gorgojo (*Sitophilus Zeamais Motschulsky*). El objetivo del presente estudio fue evaluar la efectividad de los insecticidas fosfuro de aluminio y fluoruro de sulfurilo en el control de *S. Zeamais* en centros de almacenaje y reducir los daños que ocasiona. Las semillas de maíz almacenado en cuatro silos metálicos cada uno con 4,500 ton. De semillas y con humedades entre los 11.5% y 12.46%. en los silos A y B fueron sometidas al tratamiento con fosfuro de aluminio, una aplicación con duración de exposición al insecticida de 5 días posteriores a la fumigación, los silos C y D fueron tratados con fluoruro de sulfurilo con una aplicación y tiempo de exposición de 24 hrs. se utilizó un diseño completamente al azar. La unidad experimental consistió en la colocación de testigos de la especie *S. Zeamais* dentro de recipientes cilíndricos cubiertos con una malla de plástico en la parte de la tapa cada uno con 20 individuos que fueron colocados en 5 puntos de cada silo. Las variables registradas fueron humedad, pérdidas de peso en semillas y sobrevivencia de los insectos. Hubo diferencias para pérdida de humedad y sobrevivencia entre ambos productos; sin embargo los silos C y D fueron los menos afectados en pérdida de peso y menor sobrevivencia, los silos A y B mostraron mayor sobrevivencia al insecticida Ph3 y una mayor pérdida de peso volumétrico.

El insecticida fluoruro de sulfurilo registro mejores resultados sobre sobrevivencia y peso volumétrico en granel por encima del Fosfuro de aluminio, mientras que en la pérdida de humedad los dos tratamientos resultaron en similitud. Se observa mayor pérdida de peso volumétrico en el tratamiento con fosfuro de aluminio. Las condiciones de hermeticidad, temperatura, compactación de la semilla del grano influyen en la circulación del gas y tienen incidencia en la efectividad de la fumigación.

Palabras clave: *Sitophilus Zeamais Motschulsky*, fluoruro de sulfurilo, fosfuro de aluminio, plaga, granos almacenados, conservación de granos,

Evaluation of the effect of two insecticides on the control of the corn weevil (*Sitophilus Zea mays*)

F. Ramírez-Ramírez¹, V. H. Gutierrez-Elías¹

¹Tecnologico Nacional de México Campus Tlajomulco, Jal., Department of Agricultural Sciences. Km 10 Tlajomulco-San Miguel Cuyutlán highway, Tlajomulco de Zuñiga, Jalisco. CP 45640. Tel (33) 3772-4426 and 3772-4427..

E-mail: faustino.rr@tlajomulco.tecnm.mx

ABSTRACT

During postharvest handling of maize (*Zea mays* L.) there are significant losses due to the attack of storage pests, particularly by weevils (*Sitophilus Zeamais* Motschulsky). The objective of this study was to evaluate the effectiveness of the insecticides aluminum phosphide and sulfuryl fluoride in the control of *S. Zeamais* in storage centers and reduce the damage it causes. Corn seeds stored in four metal silos each with 4,500 tons. From seeds and with humidity between 11.5% and 12.46%. silos A and B were subjected to treatment with aluminum phosphide, one application with a duration of exposure to the insecticide of 5 days after fumigation, silos C and D were treated with sulfuryl fluoride with one application and exposure time of 24 hours a completely randomized design was used. The experimental unit consisted of placing witnesses of the species *S. Zeamais* inside cylindrical containers covered with a plastic mesh on the lid, each with 20 individuals that were placed at 5 points in each silo. The recorded variables were moisture, seed weight loss and insect survival. There were differences for moisture loss and survival between both products; however silos C and D were the least affected in terms of weight loss and lower survival, silos A and B showed greater survival to the insecticide Ph3 and a greater volumetric weight loss.

The sulfuryl fluoride insecticide registered better results on survival and bulk volumetric weight than aluminum phosphide, while the two treatments were similar in terms of moisture loss. Greater loss of volumetric weight is observed in the treatment with aluminum phosphide. The conditions of hermeticity, temperature, compaction of the grain seed influence the circulation of the gas and have an impact on the effectiveness of the fumigation.

Keywords: *Sitophilus Zeamais* Motschulsky, sulfuryl fluoride, aluminum phosphide, pest, stored grain, grain preservation,

INDICE DE CONTENIDO

Agradecimientos	III
RESUMEN	IV
ABSTRACT	V
INDICE DE IMÁGENES	VIII
INDICE DE CUADROS	IX
INDICE DE GRAFICOS	X
I.- INTRODUCCION	1
II.- OBJETIVOS	2
2.1 Objetivo Generales	2
2.2 Objetivos Específicos	2
III.- HIPOTESIS	2
IV.- JUSTIFICACIÓN	2
4.1 Impacto Social	3
4.2 Impacto Tecnológico	4
V.- REVISION DE LITERATURA	4
5.1 Generalidades del Maíz (<i>Zea mays</i>)	4
5.2 Conservación de Granos	5
5.3 Importancia de las plagas de granos y productos almacenados	6
5.3.1 Origen y evolución de los insectos de almacén	7
5.3.2 Control de Plagas	7
5.3.3 Métodos de Control de plagas mayoritarios aplicados en la actualidad	8
5.3.4 Clasificación y Distribución de las plagas	8
5.3.4.1 Plagas primarias	9
5.3.4.2 Plagas secundarias	9
5.3.4.3 Plagas Terciarias:	9
5.4 Generalidades del Gorgojo del Maíz (<i>Sitophilus Zeamais</i> Motschulsky)	9
5.4.1 Clasificación Taxonómica	10
5.4.2 Morfología	10
5.4.3 Ciclo Biológico	11
5.4.3.1 Huevo	12
5.4.3.2 Larva	12
5.4.3.3 Pupa	12

5.4.3.4 Adulto	12
5.5 Métodos de Control	12
5.5.1 Control Cultural	13
5.5.2 Control Biológico.....	13
5.5.3 Control genético.....	14
5.5.4 Control Físico	14
5.5.5 Control Químico	15
5.6 Grupos químicos de insecticidas.....	15
5.6.1 Insecticidas organofosforados.....	15
5.6.1.1 Modo de acción de los insecticidas organofosforados.....	16
VI.- MATERIALES Y METODOS	16
6.1 Determinación del Universo y Colocación de Testigos.	16
6.2 Determinación del Tipo de Estudio	16
6.3 Instrumentos y EPP´s.....	17
6.4 Cría de insectos	18
6.5 Normatividad.....	18
6.6 Establecimiento del Experimento y Tratamientos.....	18
6.6.1 Diseño y unidad experimental	18
6.6.2 Variables Respuesta	19
6.6.3 Condiciones Ambientales.....	19
6.7 Aplicación Fosforo de Aluminio (PH3).....	20
6.8 Aplicación de Fluoruro de Sulfurilo	22
VII.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	23
7.1 Evaluación de Efectividad de los tratamientos sobre NIM	23
7.1.1 Presencia de Insectos Muertos	28
7.2 Evaluación de perdida de humedad en Semillas.....	29
7.2.1 Contenido de Humedad del grano de maíz.....	32
7.3 Evaluación de Pérdida de peso Volumétrico de la Semilla.....	32
7.3.1 Daño por Perdida de peso	35
VIII.- CONCLUSIONES	35
IX.- LITERATURA CITADA.....	36

INDICE DE IMÁGENES

Imagen 1.- Sitophilus Zeamais (Manual plagas y granos almacenados)	1
Imagen 2.- Puntos de muestreo y colocación de testigos.....	16
Imagen 3.- Muestreo de Grano	20
Imagen 4.- Sellado de Silo	20
Imagen 5.- Medición de Concentración ph3	21
Imagen 6.- Fumiscopio cope	22

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1.- Porcentajes de Humedad	18
Cuadro 2.- Condiciones Ambientales Tlajomulco de Zúñiga Jal. (CONAGUA)	19
Cuadro 3.- Análisis de Varianza (Anova) NIM.....	23

INDICE DE GRAFICOS

Gráfico 1.- Mediciones de concentración de ph3, silos A y B	24
Gráfico 2.- Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para NIM.....	25
Gráfico 3.- Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para NIM.....	26
Gráfico 4.- Distribución de NIM por tratamiento.....	27
Gráfico 5.- Numero de Insectos muertos por Silo.....	27
Gráfico 6.- Promedio de humedades por silo posteriores a las aplicaciones	29
Grafico 7.- PERHUM Posterior a aplicaciones por Silo	30
Gráfico 8.- Promedio de humedades por tratamiento posterior a aplicación.....	31
Gráfico 9.- Promedio de perdida de humedad por tratamiento.....	31
Gráfico 10.- Rango de Densidades por silo.	33
Grafico 11.- Densidades Por Silo Post-Aplicación	33
Gráfico 11.-Promedio de Densidad por Tratamiento.....	34

I.- INTRODUCCION

El grano de maíz es una fuente importante de carbohidratos y proteínas para la gente de escasos recursos en el mundo. Sin embargo, existen factores que limitan su producción, entre ellos, los insectos, los roedores y las enfermedades, que no sólo menguan los rendimientos al alimentarse del grano, sino que lo contaminan y reducen su calidad.

Sitophilus zeamais es considerado una de las plagas más importantes en el sector de almacenamiento de las regiones tropicales (Faroni, 1992; Silveira et al., 2006). Sus principales características son: alto potencial biótico, capacidad de atacar los granos tanto en el campo como en las unidades de almacenamiento y sobrevivir a grandes profundidades en la masa de granos (Faroni, 1992).

Imagen 1.- Sitophilus Zeamais (Manual plagas y granos almacenados)

El ataque de insectos a los granos almacenados, además de las pérdidas cuantitativas resultantes de la alimentación directa de los insectos, se provocan pérdidas cualitativas importantes, como la reducción del valor nutricional de los granos y la calidad fisiológica de las semillas, lo que determina, en consecuencia, la reducción del valor de las semillas. comercializar o incluso condenar lotes de semillas y / o granos (Anderson et al., 1990; Faroni, 1992; Caneppele et al., 2003).



Para procesamiento o consumo, el valor del grano está directamente relacionado con el nivel de contaminación por insectos. Las pérdidas cuantitativas se refieren a disminuciones de peso y volumen, que no muestran adecuadamente la degradación nutricional del producto (Silva et al., 1995).

El alimento elaborado con granos de maíz que fueron atacados por insectos, tiende a disminuir la ganancia de peso diaria promedio, el consumo diario promedio, la conversión alimenticia de los animales y la proporción neta de proteínas (Braga et al., 2003)

Según Bakker-Arkema (1994), para evaluar la calidad de los granos se consideran varias propiedades cualitativas, tales como contenido de agua, masa específica,

porcentaje de granos quebrados, contenido de impurezas y materias extrañas, susceptibilidad a la rotura, calidad de molienda, contenido de proteína, valor como alimento, presencia de insectos y hongos, y tipo de grano y año de producción; sin

embargo, no se consideran todas estas características cualitativas a pesar de ser de gran importancia para los compradores internacionales.

II.- OBJETIVOS

2.1 Objetivo Generales

Evaluar la eficacia del fosfuro de aluminio en su presentación de gas fosfina y el fluoruro de sulfurilo en el control de *Sitophilus Zea mays* dentro de silos de almacenamiento.

2.2 Objetivos Específicos

- Determinar que insecticida se comporta más estable dentro de la fumigación.
- Evaluar la pérdida de humedad por aplicaciones
- Evaluar la pérdida de peso específico del maíz posterior a fumigación

III.- HIPOTESIS

Que uno de los dos insecticidas a utilizar muestre una efectividad mayor a CL₅₀ en el control de *sitophilus zeamais*

IV.- JUSTIFICACIÓN

Sitophilus Zeamais es considerada la mayor plaga en maíz almacenado, se estima que la pérdida es del 20 al 35 % en climas subtropicales, el gorgojo del maíz una vez alimentándose del grano causa pérdidas como son: pérdida de valor nutritivo, capacidad germinativa, y aumento de ácidos grasos (rancidez).

Estos insectos infestan las mazorcas en el campo durante el secado del grano y antes de la cosecha, o cuando el grano es almacenado. Los mayores daños al grano los ocasionan las larvas y los adultos. Los adultos perforan el grano para ovopositar, mientras que las larvas forman surcos en el endospermo al alimentarse. La presencia del gorgojo favorece el ataque de otros insectos. Cuando hay mucha

humedad y los insectos atacan el grano, se crea un foco de infección que ocasiona calentamiento en el maíz y, en consecuencia, fuertes infestaciones.

Las hembras depositan sus huevos en perforaciones que hacen en el grano y luego los cubren con un mucílago transparente. Una hembra produce hasta 250 huevos en su vida reproductiva. Las larvas se alimentan del endospermo del grano, hasta que se transforman en pupa. Cuando se convierten en adultos, perforan el grano y salen al medio ambiente. Su ciclo de vida depende de la temperatura, pero varía entre 30 y 113 días. En zonas templadas hay de 2 a 3 generaciones por año.

En el caso del maíz, las plagas de almacén causan pérdidas de rendimiento, disminución del valor comercial, pérdidas de calidad en el grano y del valor nutritivo del mismo. Esto, de manera directa, reduce los ingresos del agricultor y su familia y pone en riesgo su seguridad alimentaria.

En cuestión de Fumigaciones utilizadas para el combate de la plaga los costos de las aplicaciones ascienden hasta \$1,000,000 M.N. en un almacenamiento de 5,000 Ton. En un tiempo aprox. De 1 año. Dentro de un silo.

Sitophilus Zeamais como plaga primaria, ayudara a la proliferación de plagas secundarias que son: *Tribolium confusum* y *Cryptolestes*. Siendo estas aún más difícil de controlar por su alta capacidad de adaptación y sobrevivencia en niveles de concentración.

Una vez que el maíz es embarcado del centro de acopio el siguiente problema es la inocuidad, dando como resultado un mal manejo de la conservación y que en el proceso de molienda tendrá un aumento considerado en fragmentos de insecto dentro de la harina como producto terminado.

4.1 Impacto Social

La investigación plantea controlar el insecto mediante barreras físicas, o control biológico y en las instalaciones que sea necesario utilizar el fosfuro de aluminio tener un control y medición de concentraciones, debido a su alta toxicidad para el ser humano y además de ser un contaminante significativo para el medio ambiente. Con esto se pretende que el personal que este en contacto directo o en cercanías a los centros de almacenaje tengan una mayor garantía que el producto es inocuo y al momento de realizar las actividades correspondientes a la conservación del grano esté libre de agentes tóxicos.

4.2 Impacto Tecnológico

El impacto tecnológico que se plantea es el uso de mecanismos más eficaces para el MIP (manejo integral de plagas) como son: el uso del sistema J que algunos de los silos ya cuentan con el pero no se ha implementado de manera total su uso, el J-system es un sistema de recirculación de gas para la industria de conservación de granos. El objetivo de este sistema es garantizar la penetración controlada y homogénea del gas al granel sin importar el tamaño del espacio de almacenamiento.

El J-system consta de 1 ventilador especial y líneas que pueden ser construidas con tubo de PVC rígido o flexible , para generar la recirculación, adaptando el sistema a las dimensiones del almacén.

V.- REVISION DE LITERATURA

5.1 Generalidades del Maíz (*Zea mays*)

El maíz es una planta monocotiledónea muy cultivada a lo largo de todo el mundo, siendo uno de los alimentos de consumo básico en muchas poblaciones. Perteneciente a la familia de las Poáceas, de la tribu Maydeas, las especies del género *Tripsacum* son formas salvajes parientes del maíz, también con origen americano, pero sin valor económico directo (PALIWAL, 2001 a).

Al principio, los taxónomos clasificaron los géneros *Zea* y *Euchlaena*, como dos géneros separados, sin embargo, debido al estudio realizado por Reeves y Mangelsdorf en 1942 se los considera como un único género, basándose en la compatibilidad entre esos grupos de plantas y los estudios citogenéticos. Entre las Maydeas orientales existen diversos géneros como *Schleracne*, *Polytocha*, *Chionachne*, *Trilobachne* y *Coix*, siendo este último el único que tiene cierta importancia económica en el sudeste de Asia. En general, solo *Zea mays* se considera como una especie de gran importancia económica dentro de las Maydeas (PALIWAL, 2001a). Su clasificación taxonómica está bien estudiada (GBIF, 2013).

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta Cronquist, Takhtajan y W.Zimmermann, 1966.

Clase: Liliopsida

Orden: Poales Small 1903

Familia: Poaceae Barnhart

El cultivo del maíz se puede llevar a cabo entre el nivel del mar y los 4.000 m de altitud, entre las latitudes de 40° S y 48° N. Las plantas del maíz son de tipo C4. Factores perjudiciales para el cultivo son el exceso de humedad y la cantidad de granizo, además los vientos secos y calientes pueden producir un descenso de la disponibilidad de polen para la fertilización. La planta del maíz es de porte robusto de fácil desarrollo y de producción anual. (ECOCROP,2007).

5.2 Conservación de Granos

La conservación eficaz del maíz, al igual que la de otros cereales y leguminosas alimenticias, se basa esencialmente en las condiciones ecológicas reinantes durante el almacenamiento, en las características físicas, químicas y biológicas del grano, en la duración del almacenamiento, y, por último, en el tipo y características funcionales del local de almacenamiento. Los factores de importancia que influyen al respecto son de dos clases: en primer lugar, los de origen biótico, que comprenden todos los elementos o agentes vivos que encontrándose en condiciones favorables para su desarrollo- utilizarán el grano como fuente de elementos de nutrición y con ello ocasionarán su deterioro. Se trata fundamentalmente de insectos, microorganismos, roedores y aves. En segundo lugar están los factores no bióticos, que comprenden la humedad relativa, la temperatura y el tiempo transcurrido. Las características físicas y bioquímicas del grano influyen en los efectos de dichos factores bióticos y no bióticos. La baja conductividad térmica del grano, su capacidad de absorción de agua, su estructura, su composición química, su ritmo de respiración y calentamiento, la textura y consistencia del pericarpio y el método y condiciones del secado influyen en los cambios que tienen lugar durante el almacenamiento.

Se han detectado pérdidas de nutrientes en el maíz almacenado en condiciones deficientes. Quackenbush (1963) constató pérdidas de caroteno en el maíz almacenado a distintas temperaturas y condiciones de humedad. En otros estudios, se almacenó maíz común y MPC en distintos tipos de recipientes, con y sin productos químicos. Al cabo de seis meses se analizaron varias muestras para determinar si se habían registrado daños por insectos y hongos o si se había modificado la calidad de las proteínas. En ambos tipos de maíz, el no protegido se había deteriorado en alguna medida, no así el maíz al que se habían añadido productos químicos; la calidad de las proteínas no se modificó (Bressani et al., 1982). Otros cambios debidos al secado y al almacenamiento fueron: una menor solubilidad de las proteínas; la modificación del valor nutritivo para el ganado porcino; cambios de olor y sabor (Abraneson, Sinka y Millis, 1980); y cambios de la digestibilidad in vitro ocasionados por el deterioro debido al calor (Onigbinde y Akinyele, 1989).

5.3 Importancia de las plagas de granos y productos almacenados

Aproximadamente 250 especies de insectos atacan los granos y sus productos durante el almacenamiento y de ellos, alrededor de 20, son los de mayor importancia. Con base al daño que ocasionan los insectos se han agrupado en especies primarias, las cuales son capaces de dañar granos enteros y tienen gran importancia económica. Las especies secundarias, son aquellas que atacan granos partidos o que previamente han sido dañados por las primarias y se multiplican con facilidad en los productos obtenidos de la molienda de granos; las especies terciarias se multiplican en granos y productos que presentan características de deterioro ya sea causada por otros insectos o por microorganismos. Esta agrupación es arbitraria, pues algunas especies pueden ser secundarias para granos enteros y sanos, porque biológicamente no están capacitadas para dañarlos y necesitan que otros insectos inicien el daño, pero pueden ser primarios para los productos de la molienda.

Otro aspecto importante está relacionado con los huéspedes que atacan; hay especies que son polífagas y se alimentan y multiplican en una gran variedad de hospederos, otras son específicas y sólo pueden reproducirse en un determinado grano o producto. Algunos insectos son específicos en cuanto a los requerimientos de humedad y temperatura; otros no sobreviven en granos secos, y otros lo hacen solamente si las temperaturas son relativamente altas. También es importante conocer la forma de desplazamiento; existen especies que tienen capacidad de vuelo, otras solo caminan y hay algunas que son sedentarias. Los insectos desarrollan hábitos propios. Cada generación responde al medio de manera similar a sus ancestros, la ovoposición, alimentación, migración y respuesta al medio, generalmente siguen un patrón determinado. Sin embargo, no todos los insectos de una sola especie son iguales. La influencia del medio puede inducir cambios para su mejor adaptación y sobrevivencia, por ello aunque las especies de insectos que atacan los productos almacenados tienen varias características en común, otras son completamente diferentes. Para prevenir y controlar la presencia de insectos que están dañando un producto durante su almacenamiento es indispensable identificarlos, así como conocer las condiciones ecológicas para su reproducción

Los insectos encuentran condiciones propicias para alimentarse y multiplicarse en las bodegas y lugares de almacenamiento, si la humedad y temperatura son favorables tienen a su disposición gran cantidad de alimento que asegura su multiplicación y sobrevivencia. Su actividad metabólica aumenta la humedad y temperatura del medio en que se desarrollan creando las condiciones para que otras especies de insectos de granos almacenados se multipliquen; el fenómeno aumenta hasta que la humedad es propicia para la proliferación de hongos que elevan aún más la temperatura, haciéndola intolerable para los insectos que emigran hacia otras fuentes de alimento. El grano queda destruido, disminuyendo la disponibilidad de alimentos y causando graves pérdidas. Algunas especies son capaces de

sobrevivir por largos períodos de tiempo en estado de reposo, cuando no disponen de suficiente alimento, o las condiciones del medio le son desfavorables; cuando las condiciones mejoran o con el advenimiento de nuevas cosechas, dejan su estado de reposo para multiplicarse activamente.

5.3.1 Origen y evolución de los insectos de almacén

Se cree que los insectos de almacén hacen su aparición en la era neolítica, cuando el hombre comienza a criar animales domésticos, cultivar plantas y a almacenar regularmente cereales. Se asume que las especies conocidas hoy como plagas de almacén fueron desarrolladas primeramente en hábitats naturales y después se trasladaron o fueron trasladadas a los lugares de almacenaje, a que estos les proporcionaban condiciones adecuadas para su desarrollo (Salomón 1965).

Algunas especies de insectos actualmente asociados con los productos almacenados han sido encontradas en tumbas del antiguo Egipto; Insectos como *Tribolium spp.* Y *Sitophilus Granarius* alrededor del 2300-2500 a.c. respectivamente (Chaddick y Leek, 1972).

5.3.2 Control de Plagas

El manejo integrado es un enfoque de control de plagas que busca armonizar la eficiencia en el combate, la responsabilidad socio-ambiental y la productividad. Existen muchas formas de definirlo, pero todas se enfocan en el uso de herramientas de control que buscan minimizar las pérdidas de un cultivo mediante el conocimiento científico, el apoyo tecnológico y el sentido común de los productores.

Históricamente, es un término establecido desde la década de los 70 (Geier, 1970), aunque ya desde la década de los 50 muchos entomólogos y biólogos introdujeron la aproximación del control de plagas basados en conocimientos ecológicos. La aparición del libro “La primavera silenciosa” de Rachel Carson (1962), que exponía muchos efectos adversos del uso de los plaguicidas químicos en el medio ambiente y la salud humana, fue un impulso definitivo para cambiar los paradigmas en torno a la vía de controlar los insectos y las enfermedades de los cultivos.

El manejo integrado de plagas (MIP) no es un término nuevo, pero si ha cobrado mucha importancia en las últimas dos décadas debido a los retos ambientales que suponen la alimentación mundial, la generación de empleos agrícolas, la protección del trabajador y el consumidor final, la reducción del área agrícola y los riesgos de intoxicaciones o contaminación de fuentes de agua. Además, luego de casi 50 años, son muchas las experiencias exitosas generadas en diferentes partes del mundo y

en diversos agro-ecosistemas (Parsa et al., 2014; Owen et al., 2015; Lefebvre et al., 2015). Y las experiencias no exitosas, han contribuido con la mejora y adaptación de los muchos planteamientos e ideas acumuladas.

Una definición concreta y de las más aceptadas a nivel mundial, se da por la Organización Internacional de Control Biológico (OICB, por sus siglas en inglés), donde se dice que MIP es “El uso de todos los métodos de defensa económicos, ecológicos y toxicológicos para mantener los organismos nocivos bajo niveles de daño económicos mientras que se hace énfasis en la explotación consiente de factores de control natural” (Boller y colaboradores, 1999).

5.3.3 Métodos de Control de plagas mayoritarios aplicados en la actualidad

Entre los fumigantes la fosfina es el más utilizado en la mayoría de países, incluidos España y México, para desinfectar legumbres almacenadas, aunque en algunos países también hay registrados otros fumigantes como el ozono, el fluoruro de sulfurilo, el óxido de propileno o el formato de etilo (Rajendran, 2019). Estos gases no tienen un efecto residual y después del tratamiento el grano se encuentra expuesto para ser colonizado de nuevo por los artrópodos. Pero el empleo excesivo de la fosfina ha incrementado la preocupación sobre su utilización por el desarrollo de resistencias en diversas especies plagas de almacén, como por ejemplo *R. dominica* (Lorini et al., 2007; Nayak et al., 2013; Holloway et al., 2016; Gautam et al., 2016). Otro problema sobre el uso de fosfina es que es un fumigante muy tóxico; aunque existe la creencia de que los riesgos asociados con la fosfina son bajos por su lenta liberación en las tabletas o perdigones, el envenenamiento por fosfina a escala global sigue siendo muy elevado por las malas prácticas o por accidentes (Stejskal et al, 2018). Hasta hace pocos años otro fumigante que se utilizaba de forma habitual sobre productos almacenados era el bromuro de metilo, pero actualmente se encuentra prohibido a nivel mundial debido al Protocolo de Montreal, y solo está autorizada su utilización para el control de plagas cuarentenarias en fronteras. El Protocolo de Montreal acordó en retirarlo por su efecto negativo sobre la capa de ozono (World Meteorological Organization [WMO], 2018).

El fluoruro de sulfurilo es un fumigante muy utilizado en el control de polillas, pero para el control de escarabajos la información se encuentra muy limitada (Jagadeesan et al., 2014). En España este producto solo está autorizado para su uso en estructuras de almacenaje y procesado que estén vacías pero no se puede aplicar directamente sobre productos alimentarios.

5.3.4 Clasificación y Distribución de las plagas

Los insectos que se alimentan de granos generalmente son clasificados en tres categorías (Ramírez, 1990) que son :

5.3.4.1 Plagas primarias

Son insectos que tienen la capacidad de romper la cubierta externa de los granos y penetrarlos o también pueden ovopositar sobre el grano y al emerger la larva esta perfora y se alimenta de la semilla, como son; *Sitophilus zeamais* Motschulsky (L) *Stophilus Orizae* (L). *Sitophilus granarius* (L) *Acanthoscelides obtectus* (Say) *Rhyzopertha dominica* (F) *Plodia interpunctella* (Hubber)(Gutiérrez, 1992).

5.3.4.2 Plagas secundarias

Son insectos que se desarrollan después de existir el daño en el grano por plagas primarias, normalmente se alimentan de harina y granos rotos y/o perforados por plagas primarias como son; *Tribolium castenum* (herbst), *Tribolium confusum* (Duval) *Orizaephillus surinamensis* (L), *Cryptolestes pusillus* (Schonherr) (Gutiérrez, 1992).

5.3.4.3 Plagas Terciarias:

Se desarrollan después de que los insectos primarios y secundarios han efectuado su daño, se alimentan de impurezas, granos quebrados, residuos dejados por los otros insectos y algunos se alimentan de los hongos desarrollados en el grano que se ha deteriorado.

Por lo tanto se considera a *Sitophilus Zeamais* como una plaga primaria (Ramírez 1990)

5.4 Generalidades del Gorgojo del Maíz (*Sitophilus Zeamais* Motschulsky)

Los nombres comunes de este insecto son: gorgojo y/o picudo del maíz. Su nombre científico es *Sitophilus zeamais* Motschulsky (L) (Coleoptera : Curculionidae). Esta especie de insecto se consideran de las más destructivos y comunes de todas las especies que atacan los granos almacenados como: Sorgo, maíz, arroz en cascara y cereales menores. Esta especie tiene las antenas en forma de codo, peculiar de los curculiónidos. Los adultos miden de 2.5-4 Mm. De largo y son de café a negruzco (café rojizo cuando están recién eclosionados). El pronoto es casi tan largo como los élitros, los élitros tienen ranuras longitudinales. El adulto de *S. Zeamais* presenta cuatro manchas amarillentas o rojizas en los élitros y solo pueden diferenciarse por sus genitales de *S. oryzae*. (Matute y Trabanino, 1999). Citado por Bacopulos (2003)

5.4.1 Clasificación Taxonómica

Borror et. al ubica a *Sitophilus Zeamais* como a continuación se Describe:

Reino: Animal

Phylum: Artrópoda

Clase: Insecta

Subclase: Pterigota

Orden: Coleóptera

Familia: Curculionidae

Género: *Sitophilus*

Especie: *zeamais Motschulsky*

5.4.2 Morfología

El cuerpo de los insectos se divide en tres partes: cabeza, tórax y abdomen, que están unidas entre sí. Los órganos internos no están restringidos a una sola región, por ejemplo, los sistemas digestivo y nervioso se extienden de un extremo a otro del cuerpo.

Los ojos, antenas y aparato bucal se encuentran localizados en la cabeza. Las alas y patas están en el tórax. El abdomen es segmentado, generalmente sin apéndice, salvo en el caso de algunas larvas que poseen falsas patas.

El esqueleto de los insectos es externo y consiste en una piel gruesa o caparazón a diferencia del esqueleto interno del hombre constituido por huesos.

El esqueleto externo o exoesqueleto envuelve totalmente al insecto. Pequeñas aberturas facilitan la respiración, comida y excreción. Zonas muy delgadas del exoesqueleto le permiten flexibilidad y movimiento.

El exoesqueleto presenta algunas ventajas: protección a algunos daños externos físicos y químicos; mejor conservación del agua del cuerpo, por reducción de la evaporación; y ventajas mecánicas para la inserción de los músculos, lo que le da una agilidad y fuerza fuera de proporción con el porte de su cuerpo.

La desventaja consiste en la rigidez que le impide aumentar de tamaño. Cuando crecen deben mudar de piel siendo un momento bastante vulnerable para la vida del insecto. A los adultos, con exoesqueleto rígido no les es posible aumentar de tamaño.

Cabeza. Esencialmente la cabeza es una cápsula no segmentada, con una abertura en el frente, que es la boca, y otra en la parte posterior para que se comuniquen los órganos internos con el tórax y el abdomen. La cabeza está provista de un par de antenas, que son apéndices formados por varios segmentos, donde residen las funciones sensoriales del tacto y el olfato.

La mayoría de los insectos adultos tienen dos ojos compuestos, formados por un sinnúmero de ojos simples. Además, pueden tener otros ojos más pequeños llamados ocelos.

Los aparatos bucales de los insectos pueden ser de diferentes tipos, pero la mayoría de los estados larvarios y adultos de los que atacan productos almacenados, tienen aparato bucal masticador. En el caso de los adultos de polillas, cuentan con un aparato bucal constituido por una espiritrompa, que no les permite alimentarse de los productos sólidos que atacan las larvas.

Tórax. El tórax está compuesto por tres segmentos: protórax, mesotórax y metatórax, cada uno con un par de patas. Una de las características de los insectos es que tienen tres pares de patas, con excepción de algunas larvas.

Los insectos son los únicos invertebrados con alas, las cuales pueden presentarse en número de dos, cuatro o estar ausentes. Cuando existen, están ubicadas en los últimos segmentos del tórax.

Abdomen. El abdomen se compone de varios segmentos. Cada uno de ellos lleva un par de espiráculos o aberturas que permiten la respiración. En la parte posterior del abdomen se encuentran los órganos genitales y el sistema excretor.

5.4.3 Ciclo Biológico

La metamorfosis es un proceso de cambios, ocurre desde que nace el insecto hasta que llega a adulto. En ocasiones es poco conocida, a pesar de que en granos almacenados, en muchas especies, el daño es causado por los estados inmaduros de desarrollo.

Existen diversos tipos de metamorfosis. En la metamorfosis incompleta, el individuo recién enlosado o nacido, es muy similar al adulto y el crecimiento es gradual a medida que cambia la piel. A este grupo pertenecen algunas especies de insectos de menor importancia que atacan granos y productos almacenados.

A manera de resumen podemos describir el ciclo de vida de la siguiente manera: “ las hembras pueden poner hasta unos 250 huevos que los deposita dentro del grano a través de un hoyo sellado con saliva. Su desarrollo, consta de cuatro fases: huevo, que eclosionan en 5 a 8 días; que originan a las larvas , de color blanquecino y sin patas las cuales son las que mas daño causan al grano pues para alimentarse hacen surcos dentro del endospermo y embrión; nunca viven fuera del gran y mudan unas 4 veces hasta convertirse en ninfas al cabo de tres semanas. Finalmente se convierten en adulto cuando salen fuera del grano. Su ciclo completo de vida dura entre 30 hasta 113 días produciéndose 2 o 3 generaciones por año. Suele hacerse el muerto cuando es molestado (García, Espinoza & Bergvinson, 2007).

La gran mayoría de las especies que atacan granos y productos almacenados tienen metamorfosis completa.

5.4.3.1 Huevo

Son de color blanco aperlados llegando hasta café claro, de forma ovalada y son ovipositados en huecos que la hembra hace en el grano los cuales sellan con una secreción para la protección de los mismos (Gutiérrez, 1990)

5.4.3.2 Larva

Son apodas color blanco sucio redondeadas, capsula cefálica de color café claro, cabeza color oscuro y cuerpo recurvado y normalmente se encuentran en túneles dentro del grano (Gutiérrez, 1990).

5.4.3.3 Pupa

La pupa es del tipo exarate de color blanco aperlado mide aproximadamente 5 mm de longitud y se encuentra en el interior de los granos (Gutiérrez, 1990)

5.4.3.4 Adulto

Presenta un rostrum característico antena en forma de codo, peculiar de los curculiónidos. Los adultos miden de 2.5 a 4 mm. De largo y son de color café a negruzco y café rojizo cuando están recién emergidos. El pronoto es casi tan largo como los élitros. Los élitros tienen ranuras longitudinales (Gutierrez, 1990).

5.5 Métodos de Control

Existen varios métodos de control para combatir las plagas de almacén entre ellos se pueden mencionar los siguientes

5.5.1 Control Cultural

Dentro de las acciones de control cultural se hace el uso de varios métodos tradicionales :

- Evitar daños en el campo por gusanos eloteros y pájaros ya que retarda la entrada del picudo.
- Las cosechas tempranas disminuyen el tiempo de exposición al ataque de *S. Zeamais*.
- Limpiar los lugares de almacenamiento antes del almacenamiento del producto.
- Evitar colocar los sacos con grano directamente en el piso, Use tarimas
- Evite almacenar en sacos viejos y rotos

5.5.2 Control Biológico

El control biológico en la liberación de enemigos naturales con el objetivo de tener bajo control los organismos que causan daño en el cultivo. Precisamente, el control biológico busca la reducción de la población de la plaga a niveles que no causen deterioro económico y que pueda garantizar la supervivencia del controlador

En América latina el control biológico de plagas comenzó a desarrollarse en el siglo XX e inicios del siglo XXI, con diferente intensidad y resultados.

En el año de 1999 Miguel Ángel Altieri y Clara Nicholls elaboraron un análisis sobre el control biológico clásico en Latinoamérica del pasado, presente y futuro de este sistema donde incluyeron el uso de plaguicidas y el impacto en la salud y el medio ambiente incluyendo el control de plagas de países como Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Cuba, México y Perú.

Pérez Consuegra, (2004) hace referencia a una definición más reciente de control biológico enunciada por Van Driesche y Bellows (1996) que expresa que «el control biológico es el uso de parasitoides, depredadores, patógenos, antagonistas y poblaciones competidoras para suprimir una población de plagas, haciendo esta menos abundante y por tanto menos dañina que en ausencia de éstos», considerando esta definición bastante amplia y que incluye todos los grupos de organismos con capacidad para mantener y regular densidades poblacionales de organismos plaga a un nivel bajo, por lo tanto todos pueden considerarse agentes de control biológico y estar incluidos en la categoría de enemigo natural.

En México Ramírez et al. (1993) reportan tres depredadores que son: *Cephalonomia torsalis*, *Teretriosoma nigrescens* y *Xylocoris flavipes*

5.5.3 Control genético.

Se busca que el maíz sea resistente al ataque de plagas. Se descubrió tres nuevos tipos de plantas resistentes al gorgojo del maíz (*S. Zeamais*) donde se ha encontrado que el ácido fenolito endurece las capas externas del núcleo, haciendo menos apetecible para el gorgojo del maíz, ya que estas sustancias atacan a los carbohidratos de la membrana celular, consolidando el tejido fino y proporcionando así una primera capa de defensa. (CIMMYT, 1998)

5.5.4 Control Físico

Moreno (1996) menciona que la mayoría de los insectos que destruyen los granos almacenados no pueden desarrollarse en productos agrícolas cuyos contenidos de humedad estén en equilibrio con humedades relativas inferiores a 40 por ciento. Matute y Trabanino (1999) señalan que antes de almacenar el grano, se debe secar a menos del 12 por ciento de humedad, ya que esto reduce la tasa de ovoposición y el desarrollo posterior del insecto. También puede asolearse el grano para que alcance más de 40°C, lo cual favorecerá la emigración de los adultos, este método generalmente no acaba con los huevecillos ni con las larvas y no debe realizarse como practica única. El mezclar cal y/o ceniza utilizando el 20 por ciento del peso del grano, funciona como abrasivo al raspar la cutícula de los insectos, que mueren por pérdida de humedad. También inhibe la penetración de adultos porque la mezcla ocupa los espacios entre granos

Temperatura

La temperatura puede ser un factor fundamental de control. Almacenar el grano en un lugar fresco (por debajo de los 15°C) retarda el desarrollo y no pueden desarrollarse y reproducirse del mayor número de plagas y en contra parte, el calor es también eficaz, temperatura por encima de 35°C elimina a muchos insectos plagas (Fields, 1999; Gannon, 2000).

Humedad

La mayoría de los insectos almacenados del grano no pueden vivir en el grano extremadamente seco (menos de 10 por ciento), no obstante es impráctico reducir la humedad del grano mucho debajo de los niveles mínimos de la humedad necesarios para el almacenamiento de larga duración (Chappell y Ames, 2000).

5.5.5 Control Químico

La idea de combatir a los insectos con productos químicos no es del todo nueva; por ejemplo, el azufre se utilizó desde el año 1000 a. de c.; y Plinio, en el año 79 d. de C. señalaba el uso de arsénico como insecticida; y en el siglo XVI, los chinos ya aplicaban compuestos de arsénico con este propósito. Jeffs (1986) menciona que los materiales disponibles en 1940 eran principalmente sustancias inorgánicas, tales como el verde de París o el arsénico, no siendo estos muy efectivos.

En 1958 en los EE.UU. por primera vez es utilizado el malathion para controlar plagas de productos almacenados iniciándose así una era de combate efectivo contra estas plagas y aun en nuestros días el malathion es uno de los productos más utilizados (Dyke y Blackman, 1972; Haliscak y Beeman, 1983).

En la actualidad el uso de productos químicos para controlar plagas de granos almacenados ha progresado desde el uso de productos inorgánicos de principio de siglo a la aparición y uso de un gran número de compuestos orgánicos altamente efectivos (Bond, 1973).

5.6 Grupos químicos de insecticidas

5.6.1 Insecticidas organofosforados

Las reacciones del alcohol con el ácido fosfórico se estudiaron por primera vez por Lassaigne en 1820, hasta este año se remonta la química orgánica del fósforo el desarrollo de esta clase de insecticidas fueron realizados en Alemania por el investigador Shrader, quien produjo los gases nerviosos altamente activos como el tabun y el sarin.

Dentro de este grupo está el malathion, el pirifos metílico, diclorvos (DDVP) este último es para control de plaga de granos, a este mismo grupo pertenece el fenitrotion utilizado para tratamiento de estructuras y piso. (Cremlyn, 1995).

Los primeros insecticidas fosfóricos pertenecían a ésteres sencillos del ácido fosfórico, por ejemplo el TEPP, HETP a los que se añadió posteriormente el parathion (Barbera, 1976).

La mayoría de los organofosforados, actúan como insecticidas de contacto, fumigantes y de acción estomacal, pero también se encuentran materiales sistémicos, que cuando se aplican al suelo y plantas son absorbidos por hojas, tallos, corteza y raíces, circulan en la sabia haciéndola tóxica para los insectos que se alimentan al succionarla (Ponce, 2006)

5.6.1.1 Modo de acción de los insecticidas organofosforados

Los compuestos insecticidas organofosforados inhiben aparentemente la acción de varias enzimas; pero la actividad más importante *in vivo* es contra la enzima acetilcolinesterasa. ^{2,13-15} esta enzima verifica la hidrolisis de la acetilcolina que se genera en las uniones nerviosas, hasta colina- en la ausencia de acetilcolinesterasa efectiva la acetilcolina liberada se acumula e impide la transmisión continua de impulsos nerviosos a través del espacio sináptico en las uniones nerviosas. Esto ocasiona la pérdida de coordinación muscular, convulsiones y finalmente la muerte (Cremlyn, 1995)

VI.- MATERIALES Y METODOS

6.1 Determinación del Universo y Colocación de Testigos.

La investigación se llevará a cabo en 4 silos de almacenamiento en la Zona de Tlajomulco de Zúñiga, con capacidad de 5,000 ton. El cual en su interior contienen 4,500 ton. De maíz a granel con características similares en cuestión de ambiente y temperaturas del grano.

Los Testigos se colocarán en recipientes de plástico por encima del granel, cada testigo contará con 20 individuos de la especie *S. Zeamaís*, 5 recipientes por silo por lo que tendremos un total de 20 Recipientes y 400 individuos.

Se colocarán en lugares estratégicos del silo, marcados como P1, P2, P3, P4 Y P5 En sentido de las manecillas del reloj partiendo de la escotilla de entrada al silo. (Figura 2)

6.2 Determinación del Tipo de Estudio

El estudio será la evaluación de 2 tratamientos, para conocer cuál de los dos insecticidas tienen mayor efecto en la mortalidad del insecto, pérdidas de humedad y pérdida de peso volumétrico de la semilla.

El estudio será llevado a cabo con 2 insecticidas el primero fosforo de aluminio y el segundo fluoruro de sulfurilo.

Al Finalizar el tiempo de exposición de la fumigación se procederá a la revisión de los mismos y registrar los datos arrojados en base a la investigación.

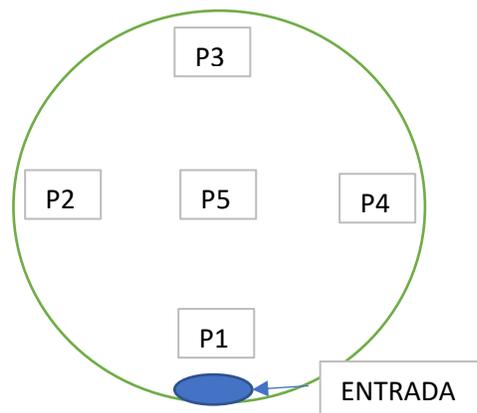


Imagen 2.- Puntos de muestreo y colocación de testigos

6.3 Instrumentos y EPP's

Los instrumentos seleccionados para realizar la siguiente investigación son:

Fumigación:

- PH₃ (Gas Fosfina)
- Cilindro de Gas Fluoruro De sulfurilo
- Recipientes de plástico para testigos
- Rollos de Plástico
- Cinta
- K-obiol
- Medidor de gas Fosfina
- Equipo de are autónomo
- Mangueras o Tubos de PVC para las conexiones
- Equipo de Toma de temperatura (Termopares)

Equipo Personal:

- Mascarilla para Gas
- Filtros para gas
- Uniforme para Fumigación.
- Guantes
- Lentes
- Botas
- Casco
- Arnés

6.4 Cría de insectos

Los individuos utilizados para la colocación de testigos de la especie *sitophilus zeamais* fueron proporcionados por el departamento de conservación, de la empresa harinera de maíz de jalisco. Los cuales fueron reproducidos dentro de un recipiente de 1Kg. Con malla en la tapa para la entrada de oxígeno con maíz de la región. De los cuales se obtuvieron 400 insectos adultos de *S. Zeamais*.

Se emplearon semillas de maíz de la región con varias mezclas de híbridos pertenecientes a la cosecha 21-22 almacenadas en silos metálicos de la región de Tlajomulco de Zúñiga, Jal. La humedad de la semilla en base seco fue del 12.3 % en promedio de los cuatro silos en los que se aplicaran los productos. (*Cuadro 1*)

Cuadro 1.- Porcentajes de Humedad

Porcentaje de Humedad Puntos de Colocación de Testigos						
	P1	P2	P3	P4	P5	Promedio
SILO A	11.69	12.63	12.45	12.46	11.95	12.236
SILO B	12.3	11.6	12.4	11.9	11.85	12.01
SILO C	11.76	11.95	12.6	12.46	12.4	12.234
SILO D	11.5	11.63	12.46	12.38	12.21	12.036

6.5 Normatividad

La clasificación de los productos a utilizar corresponde a lo establecido en la NOM-018-STPS-2015, Sistema armonizado para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo.

6.6 Establecimiento del Experimento y Tratamientos

En Recipientes cilíndricos de 250 ml. con orificios en la parte de la tapa cubierta con malla de plástico se introdujeron 20 individuos de la especie *S. zeamais* en 5 puntos de cada silo (figura 2). Los tratamientos fueron dos tipos de insecticidas el primero fosforo de aluminio con un tiempo de exposición de 120 hrs y el segundo fluoruro de sulfurilo con exposición a 24 hrs.

6.6.1 Diseño y unidad experimental

El diseño del experimento fue al azar con arreglo factorial, con tres factores principales; evaluación de mortalidad del gorgojo, perdida de humedad de la semilla

y pérdida de peso volumétrico. La unidad experimental consistió en 4 silos metálicos y un volumen de semillas de maíz de 4,500 c/u. junto con 400 individuos adultos de la especie *S. Zeamais* distribuidos en los puntos de muestreo y colocación de Testigos(Figura 2).

6.6.2 Variables Respuesta

El tratamiento de Ph3 se expuso en un periodo de 5 d. (120 h) y diariamente se monitoreó la concentración del gas, al finalizar el tiempo de exposición de 120 horas, mientras que el fluoruro de sulfurilo fue expuesto en un periodo único de 24 hr;

Se registró la pérdida de humedad de las semillas, el número de insectos muertos y pérdida de peso del lote, las variables de humedad fueron expresadas en porcentaje, el peso se registró como peso volumétrico g/l, mientras que las variables de mortandad fueron expresadas por individuo.

6.6.3 Condiciones Ambientales

El trabajo se realizó durante octubre de 2022, en el centro de acopio de Tlajomulco de Zúñiga, Ubicado en el estado de Jalisco, México el clima del sitio experimental es templado y con una precipitación pluvial de 860 mm. Durante el año y temperaturas medias de 20.9°C (CONAGUA 2021).

Las condiciones ambientales presentaron una temperatura ambiente de 28°C,y con un pronóstico promedio para los siguientes cuatro días de 28.6 °C sin precipitaciones (cuadro 2), mientras que la temperatura del granel se encuentra entre los 17 y 20 °C, La humedad de la semilla oscila entre los 11.5 % y 12.46 % analizada con un determinador de humedad de la marca Dickey John. La Humedad relativa que se presenta es de 63%; con las condiciones anteriores en similitud procederemos a realizar la evaluación de los insecticidas.



Cuadro 2.- Condiciones Ambientales Tlajomulco de Zúñiga Jal. (CONAGUA)

6.7 Aplicación Fosfuro de Aluminio (PH3)

Las pastillas de fosfuro de Aluminio de la marca Weelvicide se aplicaron en los silos A y B con una dosis de aplicación de 5 pastillas por tonelada, dando como resultado un total de 22,500 pastillas, manejadas en recipientes de 1 bote = 500 pastillas.

Los silos fueron sellados previamente con plástico calibre 600, pegamento y cintas en los ventiladores, escotillas, garzas y acceso para garantizar una mayor hermeticidad y evitar la fuga de gases del silo. Los botes de fosfina fueron destapados antes de ingresar para quitar el primer filtro de seguridad del bote dejando más accesible el manejo al momento de la aplicación



Imagen 3.- Muestreo de Grano

Los testigos se colocaron en los puntos previstos (*Figura 2*) antes de comenzar la aplicación, cada uno con 20 individuos y un total de 100 individuos de la especie *S. Zeamais* . por silo.

Imagen 4.- Sellado de Silo



Una vez que el silo fue sellado dejando como único acceso la escotilla superior, se procedió con la fumigación, con el aplicador se introdujeron pastillas al granel y por el método de boleó se esparcieron en la parte superior del granel.

Una vez realizada la aplicación con duración aproximada de 15 mnts. En el interior se realizó la extracción de todos los residuos e instrumentos (botes, tapaderas ,aplicadores) para continuar con el sellado de la escotilla superior. Se destinarán 4 botes para la aplicación en túneles y ventiladores.

Al termino se aplicó un cordón sanitario preventivo para evitar el traslado de la plaga por paredes del silo en exteriores.

El sistema de recirculación del aire se mantendrá operando en un ciclo de 12 hr. Diarias y 12 hr. Sin ventilación para lograr la propagación del gas al interior.

Las mediciones se realizaron cada 24 hrs. en el periodo de 5 días de tiempo de exposición al producto. (grafico 1). Con un medidor de gases de la marca UNIPHOS modelo FumiSense Pro. Obteniendo resultados en PPM. (imagen 5)

Duración de aplicación con fosforo de aluminio : 1 hora 10 minutos.

Imagen 5.- Medición de Concentración ph3



La dosis de fosfina a aplicar para granos almacenados en silos, está en un rango entre 3 a 5 pastillas de 3 gramos por tonelada de grano (Abadía y Bartosik, 2013). En condiciones de baja infestación y en instalaciones herméticas se recomienda utilizar las dosis más bajas. En condiciones de alta infestación se utilizarán las dosis más altas permitidas por el fabricante. Antes de la colocación de las pastillas de fosforo, se debe colocar una etiqueta de fumigación de peligro, y señalizar claramente el recinto para avisar que está bajo fumigación (Silverio y Bergvinson, 2017).

6.8 Aplicación de Fluoruro de Sulfurilo

En silos **C** y **D** aplicaremos Fluoruro de sulfurilo con la presentación comercial de **PROFUME** con gas Fumigante mediante un cilindro. El Gas en presentación de 1 cilindro de 56 Kg. Será aplicado mediante mangueras Polyflo de 3/8 de diámetro con 2 colores distintivos, rojo para medir la concentración y blanca para la inyección del gas.

Los silos fueron sellados previamente con plástico calibre 600, pegamento y cintas en los ventiladores, escotillas, garzas y acceso para garantizar una mayor hermeticidad y evitar la fuga de gases del silo.

El gas en presentación de cilindro fue trasladado con precaución y bajo las recomendaciones del fabricante al área de inyección la cual será mediante la salida de la manguera blanca de inyección colocada en una pared del silo.

El tanque del gas se coloca arriba de una báscula con las conexiones instaladas para proceder con la inyección del gas, para el cual utilizaremos la concentración de g/m^3 , por lo que tenemos un espacio en silo de $6,232 \text{ m}^3$ y la concentración a aplicar es de 0.18 g/m^3 . Teniendo un total de 1121.76 g . de fluoruro que equivalen a 2 cilindros.

Una vez que las condiciones de ensamblado están listas procedemos con la fumigación del gas, teniendo en cuenta el uso de EPP para su aplicación. Se inyectan los dos cilindros de gas se procede con la desconexión del equipo y dos horas después regresamos para la medición con el equipo fumiscopio modelo cope dando como resultado 0.19 g/m^3 .



Imagen 6.- Fumiscopio cope

El silo se mantendrá cerrado durante las próximas 24 horas, transcurrido el lapso de tiempo se destapa el silo.

El sistema de recirculación del aire se mantendrá operando en un ciclo de 12 hr. Diarias y 12 hr. Sin ventilación para lograr la propagación del gas en todo el interior.

VII.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1 Evaluación de Efectividad de los tratamientos sobre NIM

Lara et al. (2018) revelaron que algunas estructuras de la semilla de maíz influyen en el comportamiento e interacción del insecto con el grano, en su estudio detectaron la presencia de componentes químicos en la cutícula que influyeron en el reconocimiento y atracción como fuente de alimento y reproducción. Por otro lado, Caneppele et al. (2003) concluyó que existe correlación positiva entre la presencia del gorgojo y la pérdida de peso del lote infestado.

Cuando se realiza el control de plagas de almacén se espera eliminar o reducir las pérdidas, principalmente en el peso del lote de semillas tratado. Para la variable de mortalidad, se observó diferencias significativas; lo cual significa que al menos un tratamiento es diferente. Se realizaron 20 Observaciones 4 tratamientos (cuadro 3).

Cuadro 3.- Análisis de Varianza (Anova) NIM

Variable dependiente: NIM

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	3	64.1500000	21.3833333	8.39	0.0014
Error	16	40.8000000	2.5500000		
Total corregido	19	104.9500000			

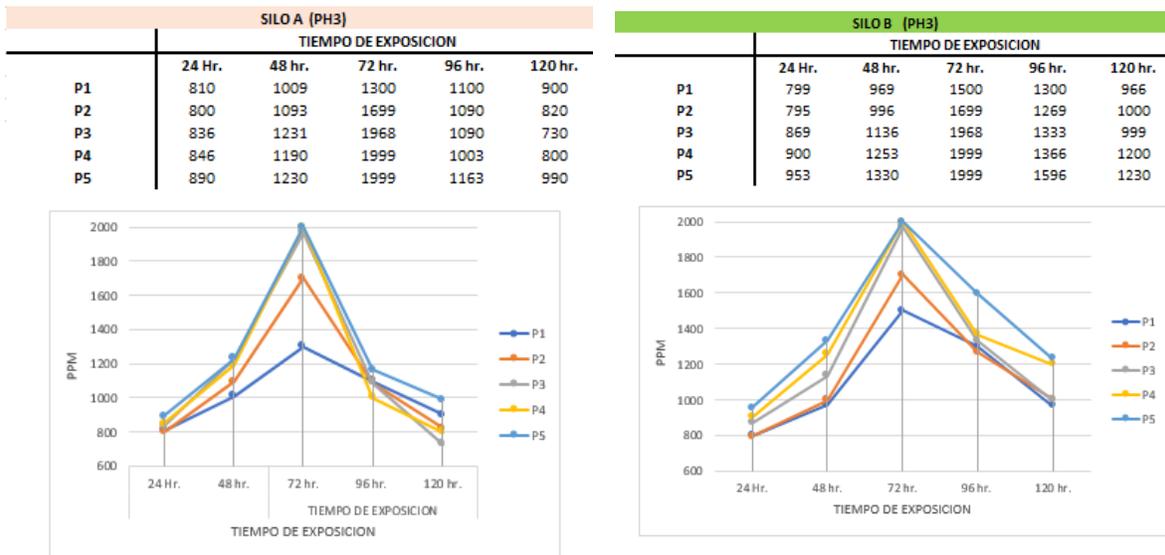
R-cuadrado	Var Coef.	Raíz MSE	Media de NIM
0.611243	9.151129	1.596872	17.45000

Origen	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
TRA	1	61.2500000	61.2500000	24.02	0.0002
SIL	2	2.9000000	1.4500000	0.57	0.5773

Origen	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
TRA	0	0.0000000	.	.	.
SIL	2	2.9000000	1.4500000	0.57	0.5773

En el tratamiento 1 con Fosfuro de aluminio las concentraciones máximas durante la fumigación se presentaron a las 72 hrs. Con una concentración máxima por encima de los 1900 ppm. Durante el monitoreo se observa diferencias en tiempos de reacción de las pastillas ph3 y un comportamiento del gas al alza durante las primeras 72 hrs. Y tiende a bajar, conservando concentraciones mayores a 700 ppm. Hasta el quinto día. El silo B obtuvo niveles de concentración mayores y en un tiempo de exposición más prolongado a comparación del silo A, lo cual se ve reflejado en el número de insectos muertos por silo registrando: silo A un 76% de mortandad, mientras que el silo B registra el 81%. (grafico 1).

Gráfico 1.- Mediciones de concentración de ph3, silos A y B



La concentración más baja registrada fue en el P3 al quinto día con 730 ppm.

Para el tratamiento 2 con fluoruro de sulfurilo con exposición de 24 hrs. Se observa una concentración estable, el primer registro se obtuvo 2 horas después de la aplicación registrando 18 g/m³, el segundo registro transcurrido 12hrs. De 18 g/m³. El tercer y último registro fue a las 24 hrs. Con 17.3 g/m³. Durante el monitoreo se observa una concentración estable y con una pérdida de 0.7g/m³. Durante el tiempo de exposición.

Para Fluoruro de sulfurilo el factor de insectos muertos se registra en silo C un total de 95 individuos muertos con una efectividad de 95%, silo D con un total de 97 individuos muertos y un 97% de efectividad, siendo silo D, el que tiene una mayor efectividad al tratamiento con diferencia de 2% al silo C.

Al observar y Analizar los resultados obtenidos en ambos tratamientos y sobre las variables respuestas, los dos tratamientos son eficaces en el control de *S. Zeamais Motschulsky*. Siendo el tratamiento con Fluoruro de Sulfurilo el más eficaz al

registrar mayor número de insectos muertos. (Gráfico 2) desde individuos muertos por punto de muestreo hasta el promedio general de ambos tratamientos posicionándose por encima del Fosforo de Aluminio Ph3.(Gráfico 3).

Gráfico 2.- Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para NIM

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para NIM

Note: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type II error rate than REGWQ.

Alpha	0.05
Grados de error de libertad	16
Error de cuadrado medio	2.55
Valor crítico del rango estudentizado	4.04606
Diferencia significativa mínima	2.8895

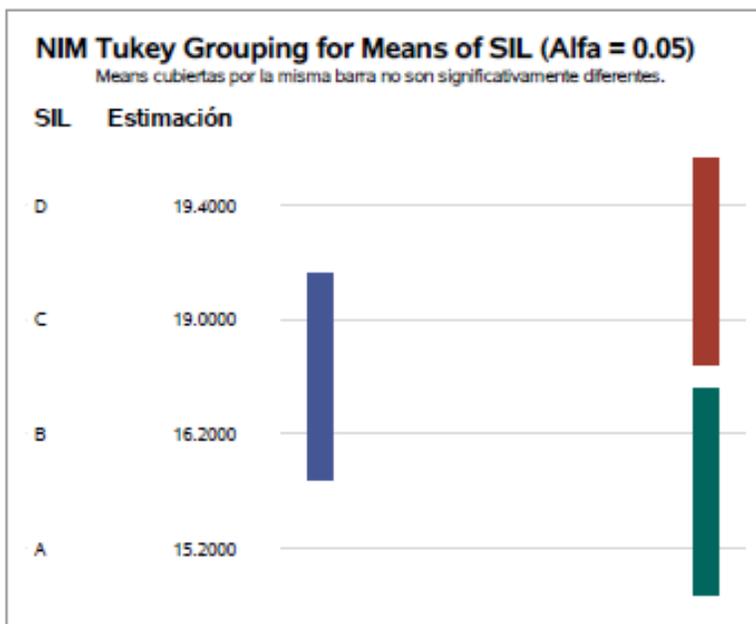
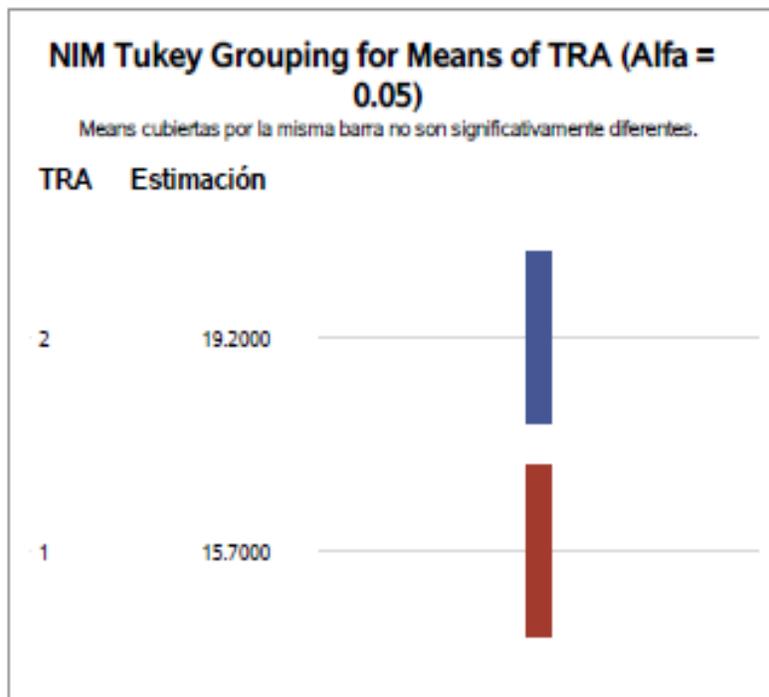


Gráfico 3.- Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para NIM

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para NIM

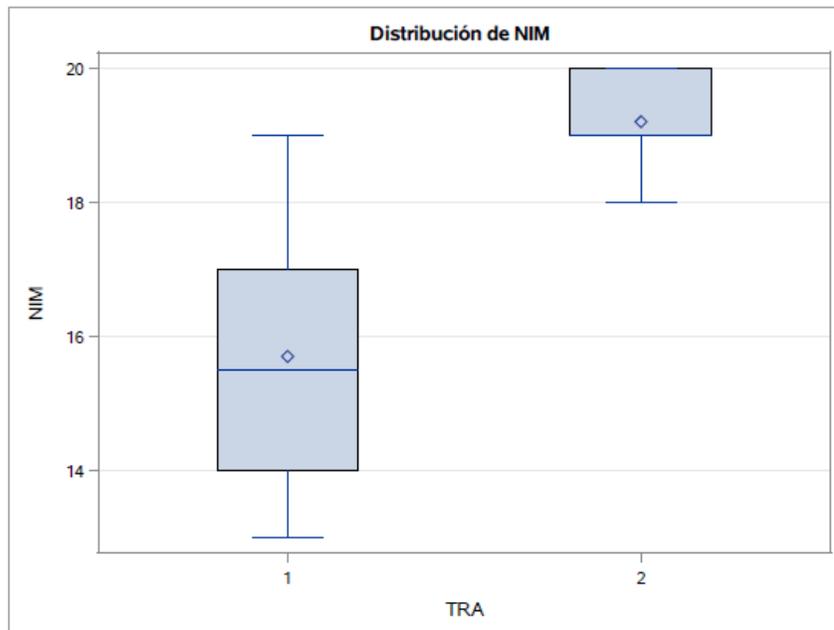
Note: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type II error rate than REGWQ.

Alpha	0.05
Grados de error de libertad	16
Error de cuadrado medio	2.55
Valor crítico del rango estudentizado	2.99786
Diferencia significativa mínima	1.5138



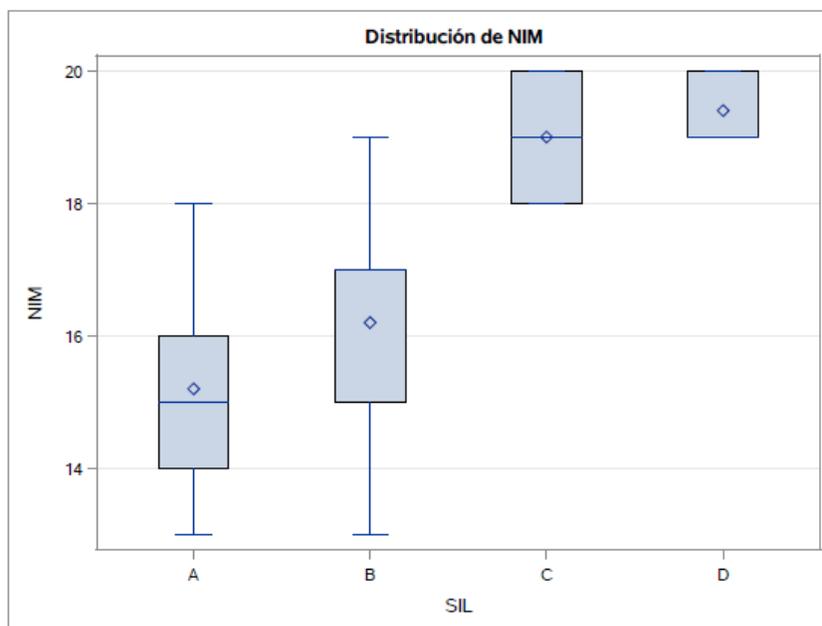
Como podemos observar el promedio general de NIM para el tratamiento 1 Fosfuro de Aluminio arrojó un promedio de 15.7 individuos muertos por punto de muestreo. Mientras que el tratamiento 2, Fluoruro de sulfurilo tiene un promedio de 19.20 individuos muertos (Gráfico 4)

Gráfico 4.- Distribución de NIM por tratamiento



Los Promedios por silo para el tratamiento 1 Ph3 para el NIM registro: silo A 15.2, silo B 16.2, mientras que el tratamiento 2 Fluoruro de Sulfurilo registro: Silo C 19, silo D 19.4 individuos muertos(Grafico 5).

Gráfico 5.- Numero de Insectos muertos por Silo



7.1.1 Presencia de Insectos Muertos

La fosfina actúa sobre los insectos por asfixia, afectando procesos metabólicos y enzimáticos del sistema respiratorio (Cermeli y Díaz s.f.). Como menciona Semple y Kirenga (1994) “la concentración mínima requerida para la mortalidad total de todos los estadios de los insectos es de 150 ppm durante cuatro días de exposición con temperaturas sobre los 20 °C” o para USDA (2006) un mínimo de 300 ppm durante cuatro días. En este estudio se tenían concentraciones de: 730 ppm. como mínima, 1999 ppm. como máxima para los 5 días respectivamente, ya que las dosis son variables según el tipo de almacenaje, o el tipo de insectos del cual se trate (Caro 1997).

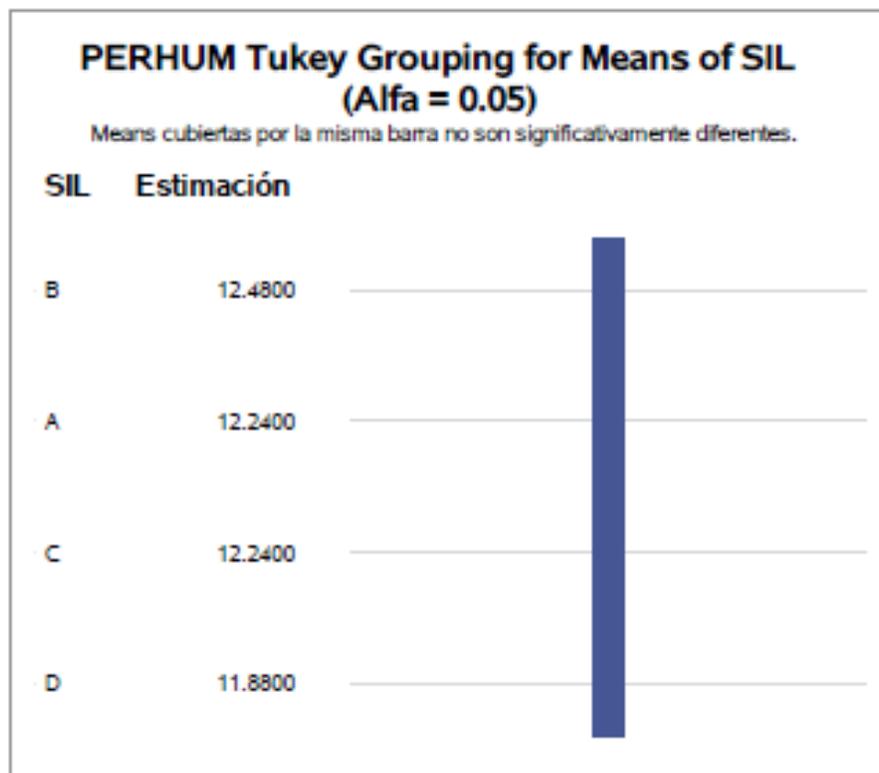
El fluoruro de sulfurilo es un fumigante muy utilizado en el control de polillas, pero para el control de escarabajos la información se encuentra muy limitada (Jagadeesan et al., 2014).

7.2 Evaluación de pérdida de humedad en Semillas

Para el factor de pérdida de humedad se obtienen las muestras de los puntos de muestreo (figura 1), tenemos 20 observaciones, 5 muestras por silo y 10 por tratamiento. Las muestras fueron extraídas por una sonda balade aveolos separados con un alcance de 3 metros de profundidad y con un peso de 5kg. Cada muestra. Se colocaron en bolsas transparentes con identificación del silo y punto de muestreo. Se transportaron en condiciones favorables para no alterar la humedad de las mismas. En el Laboratorio son analizadas mediante un determinador de humedad de la marca dickey John Modelo GAC 2500 .

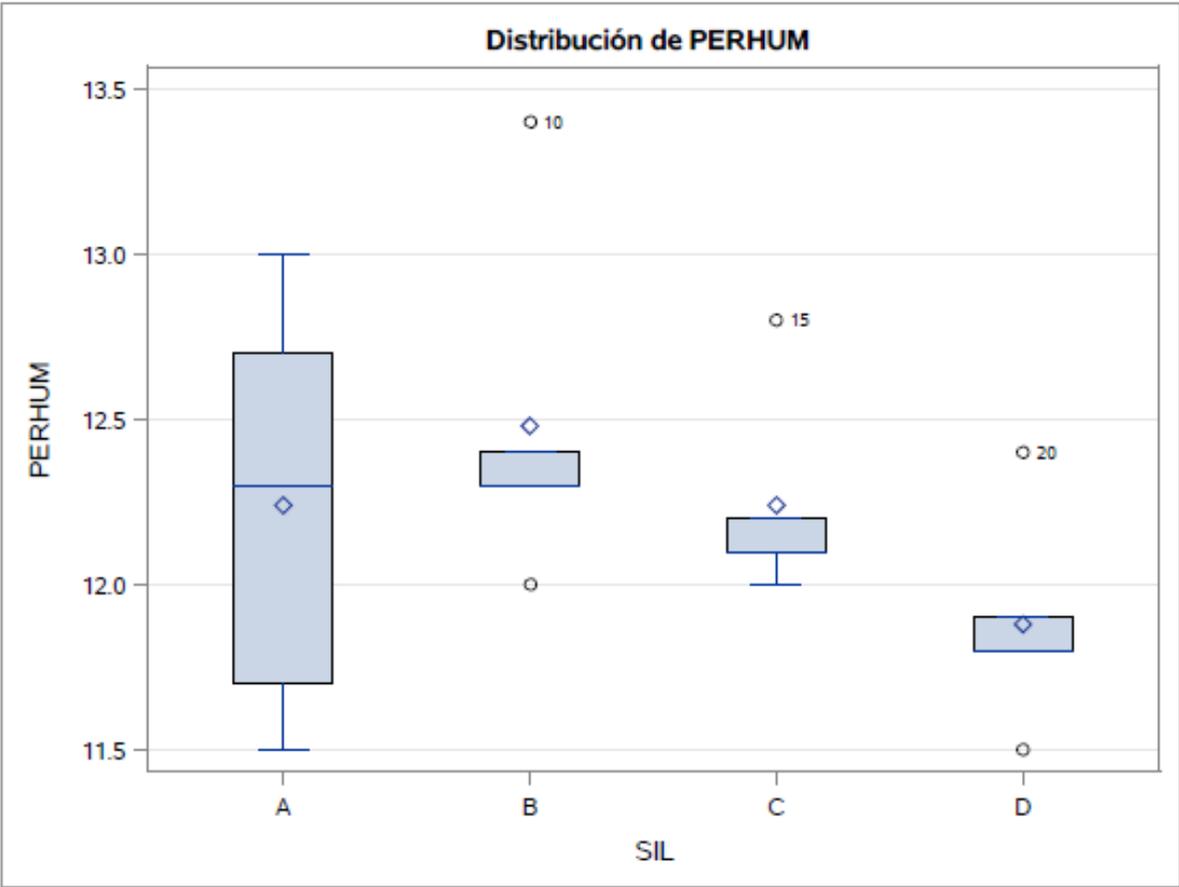
En el tratamiento con fosfuro de aluminio el promedio general del silo A antes de la fumigación registramos un promedio de 12.54% de humedad, mientras que el silo B registro 12.46% y después de la fumigación se registró Silo A 12.24% y Silo B un 12.48% por lo que tenemos una pérdida de Humedad de 0.30% Silo A. El silo B no registra pérdida de humedad al obtener un 0.02% mayor que el valor inicial. (Grafico 6)

Gráfico 6.- Promedio de humedades por silo posteriores a las aplicaciones



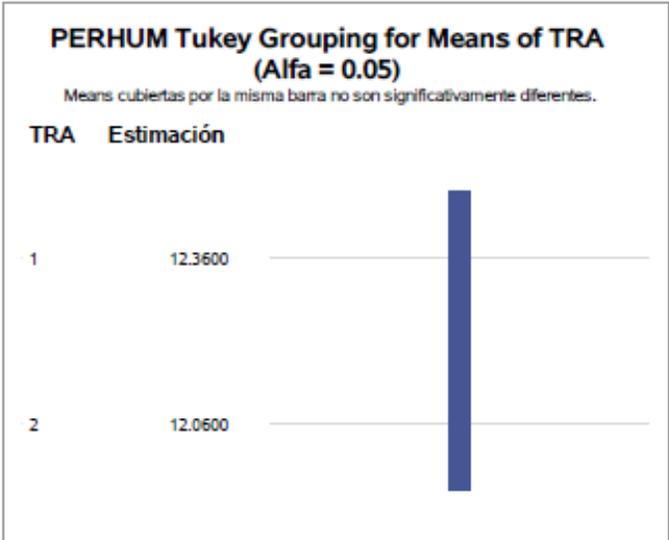
Para el tratamiento 2 con Fluoruro de Sulfurilo los registros muestran que el silo C registro una humedad previa a fumigación de 12.14% y Silo C 12.16 % y humedades posteriores de la fumigación en silo C de 12.24% y silo D con 11.88%. registrando sin pérdida de humedad en silo C con un aumento del 0.01% y en silo D si registra una pérdida de 0.28% . (Grafico 7)

Grafico 7.- PERHUM Posterior a aplicaciones por Silo



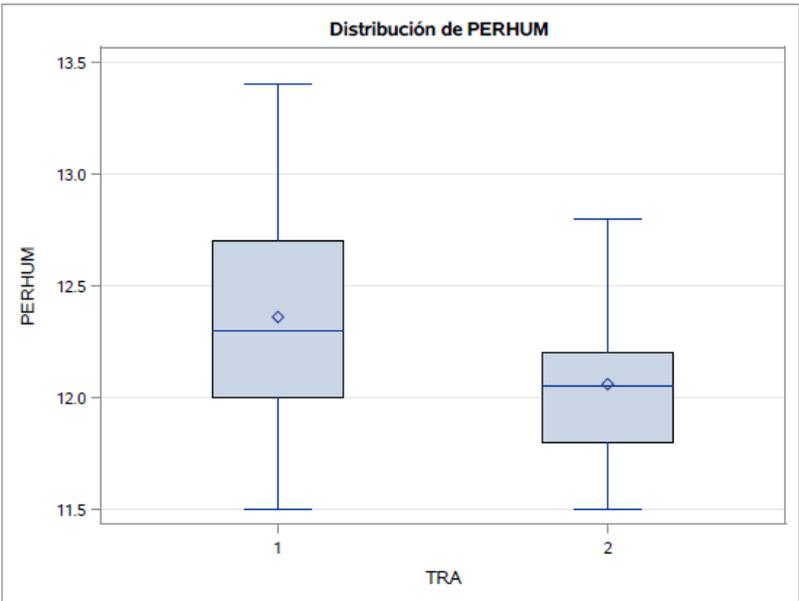
Evaluando los resultados podemos observar que la diferencia de pérdida de humedad entre tratamientos posterior a las aplicaciones no registra una variación significativa, la cual registra un porcentaje de pérdida menor al 0.50 % por tratamiento y una diferencia de tan solo 0.30 % entre el tratamiento con PH3 y Fósforo de Sulfurilo (grafico 8).

Gráfico 8.- Promedio de humedades por tratamiento posterior a aplicación



Registrando el tratamiento 1 con fósforo de aluminio un promedio entre los silos A y B de 12.36 % de humedad, y el tratamiento 2 con Fluoruro de Sulfurilo 12.06 % de humedad. (Grafico 9)

Gráfico 9.- Promedio de pérdida de humedad por tratamiento



7.2.1 Contenido de Humedad del grano de maíz

La humedad del grano fue óptima para el desarrollo de insectos, según Palafox et al. (2007) cuando el grano tiene una humedad de 12 – 14%, las plagas se desarrollan y reproducen con facilidad. Respecto a contenido de humedad del grano, ninguno de los tratamientos presento diferencia estadística ($P>0.05$) a través del tiempo de fumigación, y tampoco presento diferencia estadística entre tratamientos ($P>0.05$). Estos resultados difieren de Cabrera (2007) que determinó que el porcentaje de humedad del grano almacenado en bodega iba aumentando durante los días de almacenamiento para dos variedades de frijol, en el presente estudio el mantenimiento de la humedad se debió a que el sistema de almacenamiento fue hermético, lo cual impidió la interacción entre el ambiente externo e interno de cada tratamiento (Cuadro 4).

No hubo variaciones significativas de contenido de humedad del grano de maíz debido a la acción del fumigante reafirmando lo descrito por Mendoza (2012), quien indica que el porcentaje de humedad de la semilla de maíz no cambia al reaccionar el fosforo de aluminio (AIP) con la humedad del ambiente para producir fosfina (PH_3)

7.3 Evaluación de Pérdida de peso Volumétrico de la Semilla

La densidad del maíz -peso por volumen unitario- tiene importancia para el almacenamiento y transporte, dado que determina las dimensiones de los contenedores para ambas finalidades. El contenido de humedad y la densidad o el peso en análisis están relacionados mutuamente; cuanto más elevado sea el nivel de humedad, menor será la densidad específica o peso en análisis. Este rasgo cualitativo del maíz también es importante a la hora de la molienda. (Billeb , 2001)

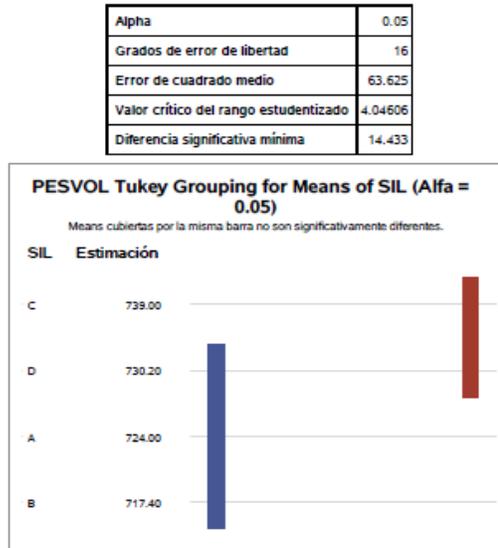
El secado artificial siempre produce una reducción del peso hectolitrico del maíz , y de otros granos .En el caso del maíz , las partidas secadas en secadoras comerciales alcanzan valores máximos de 77kg/hl , mientras que los mismos maíces secados naturalmente llegaban hasta 81kg/hl , siempre ambos grupos llevados a 14 % de humedad.(Orosco,2010).

Para el análisis de la densidad aparente o peso volumétrico del grano se utilizaron las muestras con las que determinamos la humedad. Se homogeniza la muestra por medio de un boerner y se procede a la medición mediante un densímetro de la marca Seedburo.

Para el tratamiento de fosforo de aluminio, La densidad promedio dentro de los 5 puntos de muestreo antes de la fumigación fueron los siguientes: Silo A registro 730 g/l, silo B 725.2 g/l. mientras que para el tratamiento 2 con Fluoruro de Sulfurilo

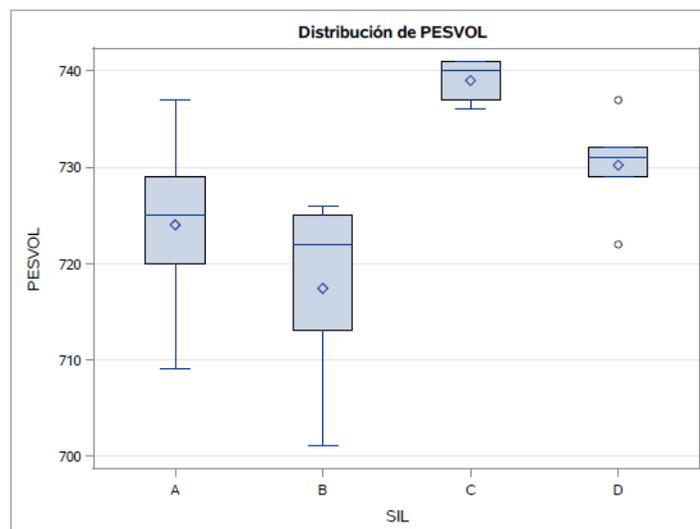
obtenemos en el silo C una densidad de 736.8 g/l. Y silo D con 734.4 g/l. (Grafico 10).

Gráfico 10.- Rango de Densidades por silo.



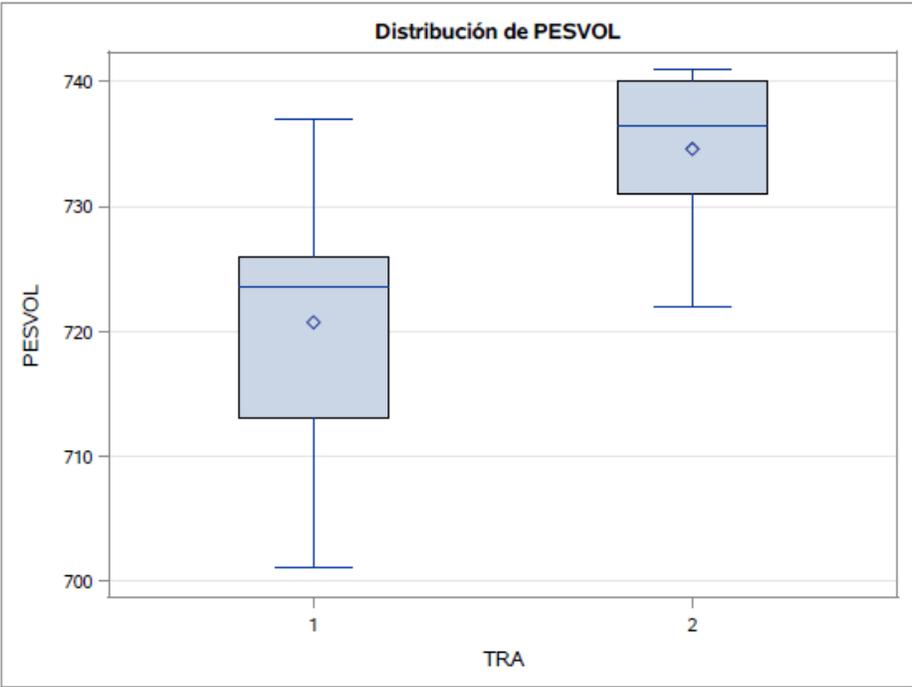
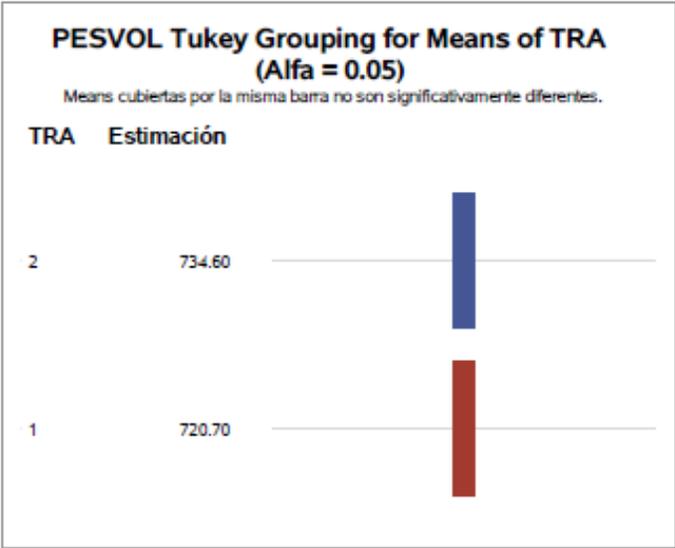
El total de las muestras presentan densidades desde 713 g/l hasta 743 g/l. Los resultados arrojan que en el tratamiento con fosforo de aluminio tuvimos una disminución de la densidad, antes de la fumigación los registros arrojaron un promedio entre los silos A y B de 727.6 g/l. Y después de la fumigación registramos un 720.7 g/l. Teniendo una pérdida de peso volumétrico de 6.9 g/l. Siendo los silos A y B los que registran mayor pérdida de peso volumétrico entre los dos tratamientos. (Grafico 11).

Grafico 11.- Densidades Por Silo Post-Aplicación



El Tratamiento de fluoruro de Sulfurilo es el tratamiento que menor pérdida de densidad en semillas obtuvo, antes de la fumigación se obtuvo una densidad de 735.6 g/l en promedio de los silos C y D y una densidad posterior de 734.6 g/l. Por lo que obtenemos el valor en pérdida más bajo con un 1.0 g/l. Por encima de Fosfuro de Aluminio con el 6.9 g/l. (Gráfico 11).

Gráfico 11.-Promedio de Densidad por Tratamiento



7.3.1 Daño por Pérdida de peso

La susceptibilidad de los cereales a las plagas de los granos almacenados depende de las características físico químicas del grano, material genético y especie de insecto (Descamps et al. 2004). En el tratamiento con Fluoruro de Sulfurilo no se obtuvo diferencia estadística ($P > 0.05$) en el promedio de densidad del grano evaluado. En el tratamiento con fosfuro de aluminio se observa una pérdida de peso de 6.9 g/l no siendo significativos en la relación de pérdida de peso por aplicaciones de los tratamientos, estos resultados coinciden con Ahmed et al. (2013) quienes infestaron especies de insectos (*Rhyzopertha dominica* [F], *Trogoderma granarium* Everts, *Tribolium castaneum* [Herbst] y *Sitophilus oryzae* [L.]) en trigo almacenado y encontraron que cuando la población del insecto aumenta, existe una correlación directa con el grano dañado y pérdida de peso.

VIII.- CONCLUSIONES

Los Tratamientos con fluoruro de Sulfurilo y Fosfuro de Aluminio presentan efectividad suficiente para el control del gorgojo del maíz (*S. Zeamais Motschulsky*). las concentraciones de 5/ton. Para PH₃, y 0.18 g/m³ para fluoruro son efectivas para el control del gorgojo del maíz.

La eficiencia del control no se ve afectada desde una hermeticidad efectiva sin embargo puede ser un factor importante si no se hermetiza correctamente.

Para el caso de Ph₃ la liberación del gas por medio de las tabletas es más lentas dependiendo las condiciones de humedad y propiedades de la propia pastilla alcanzando la concentración máxima a las 72 hrs. fluoruro de sulfurilo 2 horas después muestra una estabilidad en la concentración y se mantiene durante las 24 hrs de exposición.

IX.- LITERATURA CITADA

Sitophilus zeamais Motschulsky & V.de, 1855 in GBIF Secretariat (2021). GBIF Backbone Taxonomy. Checklist dataset <https://doi.org/10.15468/39omei> accessed via GBIF.org on 2022-10-28.

Distribucion e importancia . . . - *Sitophilus granarius*, *S. oryzae*, *S. zeamais*, *Rhizopertha dominica*, *Acanthoscelides obtectus*, *Bruchus pisorum*, *Tribolium confusum*, *T. castaneum*, *Tenebroides mauritanicus*, *Gnathocerus cornutus*, *Alphitobus diaperinus*. (1983, Diciembre). FAO. <https://www.fao.org/3/X5030S/x5030S01.htm>

Ferraris, Noel, M., Cattivelli, Martinez, M. y Jose Luis. (27 de abril de 2021). Plagas en granos almacenados.

MANEJO INTEGRAL DE PLAGAS. Control biológico y control químico. (2020). *Revista InfoAgro México*, 2.

Maíz I (*Zea mays*). (2014). *Reduca (Biología)*, Artículo 151-171,

Paliwal, R.L. & Sprague, E.W. 1981. *Improving adaptation and yield dependability in maize in the developing world*. Mexico, DF, CIMMYT.

Ma. Alma Rangel-Fajardo & Ismael Tucuch-Haas¹. (2019). CONTROL DE GORGOJO (*Sitophilus zeamais* MOTSCHULSKY) CON POLVOS DE EPAZOTE (*Dysphania ambrosioides* (L.) MOSYAKIN & CLEMANTS) EN DIFERENTES GENOTIPOS DE MAÍZ. *Rev. Fitotec. Mex.*, Vol. 43 (3)(307-315).

CIMMYT. 2000. International Maize Testing Program: 1998 Final Report. Mexico, D.F. Maize; *Zea mays*; Hybrids; Varieties; Genotype environment interaction; Adaptation; Crop management; Progeny testing; Variety trials; Plant breeding; Selection; Research projects

Borrer, D.J., D. M. de Long., and Ch. A. Triplehorn. 1981. Introduction to the study of insect. 5ª. Ed. New York. 928 p.

García, Espinoza & Bergvinson, D. (2007). Programa integral para reducir pérdidas postcosecha de maíz. *Agricultura Técnica en México*

S. García-Lara, C. Espinosa Carrillo y D.J. Bergvinson 2007. Manual de plagas en granos almacenados y tecnologías alternativas para su manejo y control. México, D.F.: CIMMYT.

Manual De Fumigación Contra Insectos: Vol. Volumen 79 de FAO.: Estudios Agropecuarios (reimpreso). (1978). Food & Agriculture Org., 1978.

García, Espinoza & Bergvinson, D. (2007) *Manual de plagas en granos almacenados y tecnologías alternativas para su manejo y control*. México: Unidad de Entomología. Programa global del maíz. Centro internacional del mejoramiento del maíz y trigo Int.

Solomon, M. E. 1965 Archeological records of storage pests: *Sitophilus granarius* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) from an Egyptian pyramid tomb J. stores prod. Res 1:105-107

Ponce G. y Cantú P. 2006. Modo de acción de los insecticidas. Revista salud pública y nutrición. Octubre- diciembre. Volumen 7. Número 4.

Ramirez, M. M., J. A. González J.J. Olmos y J. M Márquez 1993. Entomofauna en los sistemas de almacenamiento de maíz y sorgo de San Juan de los Lagos, Jal. Memorias del XXVIII congreso nacional de entomología. Soc. Mexicana de entomología Cholula, Puebla. P. 366