



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

TEMA:

**Evaluación del efecto del Ozono (O₃) en el control del gorgojo
(*Sitophilus zeamais*) en granos almacenados.**

AUTOR:

Vaca Chiriguayo, Andrés Fernando

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de
INGENIERO AGROPECUARIO**

TUTOR:

Ing. Donoso Bruque, Manuel Enrique, M.Sc.

Guayaquil, Ecuador

Septiembre de 2019



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por **Vaca Chiriguayo, Andrés Fernando**, como requerimiento para la obtención del Título de **Ingeniero Agropecuario**.

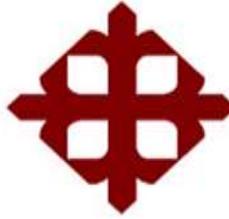
TUTOR

Ing. Donoso Bruque, Manuel Enrique, M.Sc.

DIRECTOR DE LA CARRERA

Ing. Franco Rodríguez, John Eloy, Ph.D.

Guayaquil, 9 de septiembre del 2019



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, VACA CHIRIGUAYO, ANDRÉS FERNANDO

DECLARO QUE:

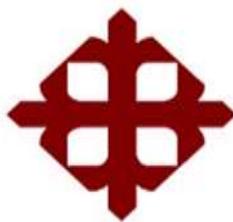
El Trabajo de Titulación: **Evaluación del efecto del Ozono (O₃) en el control del gorgojo (*Sitophilus zeamais*) en granos almacenados**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Agropecuario**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, 9 de septiembre del 2019

AUTOR

Vaca Chiriguayo, Andrés Fernando



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

AUTORIZACIÓN

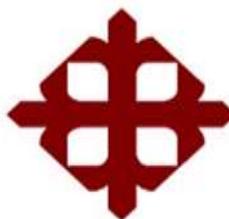
Yo, Vaca Chiriguayo, Andrés Fernando

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: **Evaluación del efecto del Ozono (O₃) en el control del gorgojo (*Sitophilus zeamais*) en granos almacenados**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, 9 de septiembre del 2019

AUTOR

Vaca Chiriguayo, Andrés Fernando



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

CERTIFICACIÓN URKUND

La Dirección de las Carreras Agropecuarias revisó el Trabajo de Titulación: **“Evaluación del efecto del Ozono (O₃) en el control del gorgojo (*Sitophilus zeamais*) en granos almacenados** presentado por la estudiante **Vaca Chiriguayo, Andrés Fernando**, de la carrera de Ingeniería Agropecuaria, donde obtuvo del programa URKUND, el valor de 0% de coincidencias, considerando ser aprobada por esta dirección.

| URKUND | |
|----------------|---|
| Documento | Vaca Chiriguayo Andres UTE A 2019 TT.docx (D54671283) |
| Presentado | 2019-08-02 10:06 (-05:00) |
| Presentado por | ute.fetd@gmail.com |
| Recibido | noelia.caicedo.ucsg@analysis.orkund.com |
| | 0% de estas 31 páginas, se componen de texto presente en 0 fuentes. |

Fuente: URKUND-Usuario Caicedo Coello, 2019

Certifican,

Ing. John Franco Rodríguez, Ph.D
Director Carreras Agropecuarias
UCSG-FETD

Ing. Noelia Caicedo Coello, M.Sc.
Revisora – URKUND

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por haberme permitido culminar con éxito una meta más en mi vida.

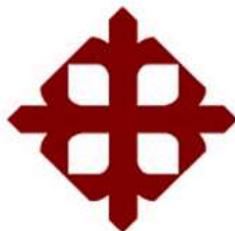
Agradecimiento especial a mis padres, por brindarme su apoyo día a día y permitirme estudiar y terminar mi carrera universitaria en tan prestigiosa universidad, gracias a mi familia y amigos que siempre estuvieron prestos en los momentos que más los necesitaba, en especial a mis compañeros Javier Mora y Alejandra Molina.

A mis maestros, les doy las gracias a todo y cada uno de ellos por compartir conmigo sus conocimientos y a mi tutor el Ing. Manuel Donoso Bruque, por su tiempo, paciencia y enseñanzas durante este proceso.

Gracias a mis compañeros de aula por sus consejos y experiencias que las he tomado como aprendizaje, al Ing. Tito Aguirre por impartirme sus conocimientos referentes al ozono y estar siempre presto a ayudarme.

DEDICATORIA

A Dios, por haber permitido obtener este logro. A mis padres, por su esfuerzo constante para brindarme una excelente educación, a mi novia, por motivarme día a día durante este proceso.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Ing. Donoso Bruque, Manuel Enrique, M.Sc.

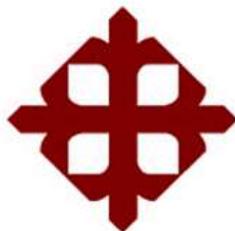
TUTOR

Ing. Franco Rodríguez, John Eloy, PhD.

DIRECTOR DE CARRERA

Ing. Noelia Carolina, Caicedo Coello, M.Sc.

COORDINADORA UTE



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

CALIFICACIÓN

Ing. Donoso Bruque, Manuel Enrique, M.Sc.

TUTOR

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|----------|
| 1. INTRODUCCIÓN | 2 |
| 1.1 Objetivos..... | 3 |
| 1.1.1 Objetivo general. | 3 |
| 1.1.2 Objetivos específicos..... | 3 |
| 1.2 Hipótesis..... | 3 |
| 2. MARCO TEÓRICO | 4 |
| 2.1 Maíz..... | 4 |
| 2.1.1 Origen..... | 4 |
| 2.1.2 Generalidades del maíz..... | 4 |
| 2.1.3 Taxonomía. | 5 |
| 2.1.4 Descripción Botánica..... | 5 |
| 2.1.5 Importancia del maíz en Ecuador..... | 7 |
| 2.1.6 Producción de Maíz en Ecuador. | 7 |
| 2.1.7 Poscosecha de maíz. | 8 |
| 2.1.8 Pérdidas Poscosecha por los insectos. | 11 |
| 2.1.9 Principales plagas del maíz almacenado. | 11 |
| 2.2 Gorgojo del maíz | 13 |
| 2.2.1 Generalidades. | 13 |
| 2.2.2 Importancia del Gorgojo del maíz..... | 14 |
| 2.2.3 Origen y Distribución. | 14 |
| 2.2.4 Clasificación taxonómica del Gorgojo del Maíz <i>Sitophilus zeamais</i> . . | 14 |
| 2.2.5 Descripción Morfológica. | 15 |
| 2.2.6 Ciclo Biológico..... | 15 |
| 2.2.7 Comportamiento de la plaga. | 16 |
| 2.2.8 Daños Directos e Indirectos. | 16 |
| 2.2.9 Investigaciones en el Ecuador y Latinoamérica para el control del gorgojo del maíz <i>Sitophilus zeamais</i> | 16 |
| 2.2.10 Métodos de control..... | 17 |
| 2.3 Ozono | 20 |
| 2.3.1 Generalidades del Ozono..... | 20 |
| 2.3.2 Producción de Ozono..... | 21 |
| 2.3.3 Modo de acción del Ozono..... | 21 |
| 2.3.4 Uso de Ozono en control de plagas de almacén..... | 22 |

| | |
|--|-----------|
| 3. MARCO METODOLÓGICO..... | 23 |
| 3.1 Localización del ensayo..... | 23 |
| 3.2 Tipo de Investigación..... | 23 |
| 3.3 Materiales y Equipos | 23 |
| 3.4 Diseño del Experimento..... | 24 |
| 3.5 Variables en estudio | 25 |
| 3.6 Manejo del Experimento | 26 |
| 3.6.1 Semilla utilizada | 26 |
| 3.6.2 Recolección de los Insectos. | 26 |
| 3.6.3 Concentración de Ozono..... | 26 |
| 3.6.4 Determinación del tiempo de aplicación. | 26 |
| 3.6.5 Aplicación del Ozono en los frascos..... | 27 |
| 3.6.6 Aplicación del Fosforo de Aluminio (gastoxin) en los frascos..... | 27 |
| 3.6.7 Evaluación de la Mortalidad del gorgojo del maíz <i>Sitophilus zeamais</i> | 28 |
| 3.7 Análisis Estadístico..... | 29 |
| 4. RESULTADOS | 30 |
| 4.1 Análisis de varianza..... | 36 |
| 4.2 Prueba Tukey | 38 |
| 4.3 Análisis Económico..... | 39 |
| 5. DISCUSIÓN | 42 |
| 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 44 |
| 6.1 Conclusiones | 44 |
| 6.2 Recomendaciones | 44 |
| BIBLIOGRAFÍA | |
| ANEXOS | |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Clasificación taxonómica del maíz..... | 5 |
| Tabla 2. Clasificación taxonómica del <i>Sitophilus zeamais</i> | 15 |
| Tabla 3. Variables a estudiar | 25 |
| Tabla 4. Mortalidad de Insectos Tratamiento 1 (Testigo Absoluto)..... | 30 |
| Tabla 5. Humedad del Tratamiento 1 (Testigo Absoluto) | 31 |
| Tabla 6. Mortalidad de insectos Tratamiento 2 (Testigo Químico). | 31 |
| Tabla 7. Humedad del Tratamiento 2 (Testigo con gastoxin) | 32 |
| Tabla 8. Mortalidad de insectos Tratamiento 3 (11ppm 10 minutos). | 32 |
| Tabla 9. Humedad del Tratamiento 3 (11 ppm 10 minutos) | 33 |
| Tabla 10. Mortalidad de Insectos Tratamiento 4 (11 ppm 20 minutos)..... | 34 |
| Tabla 11. Humedad del Tratamiento 4 (11 ppm 20 minutos) | 34 |
| Tabla 12. Mortalidad de Insectos Tratamiento 5 (11 ppm 30 minutos)..... | 35 |
| Tabla 13. Humedad del Tratamiento 5 (11 ppm 30 minutos) | 35 |
| Tabla 14. Análisis de varianza para la variable mortalidad..... | 36 |
| Tabla 15. Prueba Kruskal Wallis para % de mortalidad..... | 37 |
| Tabla 16. Prueba de Tukey en los diferentes Tratamientos. | 38 |
| Tabla 17. Costo de fumigación con Fosfuro de Aluminio (gastoxin)..... | 39 |
| Tabla 18. Costo de fumigación con Ozono..... | 40 |

ÍNDICE DE GRÁFICOS

| | |
|--|----|
| Gráfico 1. Gráfico QQ plot de mortalidad..... | 36 |
|--|----|

RESUMEN

Este estudio evaluó el efecto del Ozono (O_3) en el control del gorgojo (*Sitophilus zeamais*) en granos almacenados. Para su control se han utilizado plaguicidas gasificantes sintéticos dejando residuos tóxicos dañinos para la salud. Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar los diferentes tiempos de exposición del Ozono en granos almacenados. El experimento se realizó en el Invernadero de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. El diseño experimental utilizado en la investigación fue completamente al azar, con 5 tratamientos y 5 repeticiones, de los cuales fueron T1 (Testigo Absoluto), T2 (Testigo Químico con Fosfuro de Aluminio), T3 (11 ppm durante 10 minutos), T4 (11 ppm durante 20 minutos) y T5 (11 ppm durante 30 minutos). La variable estudiada fue la mortalidad, la cual se revisó a las 48 horas de haber aplicado los tratamientos, estas variables fueron analizadas mediante el ANOVA (Análisis de varianza) y una prueba a posteriori de Tukey. Los resultados detectaron un 100 % de mortalidad en el T2 (Testigo Químico) y el T5 (11 ppm durante 30 minutos de aplicación). Cabe recalcar que el T5 con aplicación de Ozono causó la mortalidad en los insectos sin afectar la calidad de los granos tratados y además no provocaron daños al medio ambiente, siendo ésta una alternativa orgánica para el control del gorgojo del maíz *Sitophilus zeamais*.

Palabras claves: granos almacenados; insecto plaga; mortalidad; ozono; silos; *Sitophilus zeamais*.

ABSTRACT

This study evaluated the effect of Ozone (O₃) on the control of weevil (*Sitophilus zeamais*) in stored grains. For its control, synthetic gasifying pesticides have been used leaving toxic residues harmful to health. Therefore, the objective of this work was to evaluate the different exposure times of Ozone in stored grains. The experiment was conducted in the Greenhouse of the Faculty of Technical Education for Development of the Catholic University of Santiago de Guayaquil. The experimental design used in the investigation was completely random, with 5 treatments and 5 repetitions, of which were T1 (Absolute Control), T2 (Chemical Control with Aluminum Phosphide), T3 (11 ppm for 10 minutes), T4 (11 ppm for 20 minutes) and T5 (11 ppm for 30 minutes). The variable studied was mortality, which was reviewed 48 hours after applying the treatments, these variables were analyzed by ANOVA (Analysis of variance) and a posterior test of Tukey. The results detected 100 % mortality in T2 (Chemical Control) and T5 (11 ppm for 30 minutes of application). It should be noted that the T5 with Ozone application caused insect mortality without affecting the quality of the treated grains and also did not cause damage to the environment, this being an organic alternative for the control of the corn weevil *Sitophilus zeamais*.

Keywords: stored grains; pest insect; mortality; ozone; silo; *Sitophilus zeamais*.

1 INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.); es un cultivo de gran importancia económica en nuestro país, su siembra se la realiza tanto en la región costa como en la región sierra, bajo diferentes condiciones ambientales: temperatura, humedad, luminosidad y suelos. De acuerdo con Peña (2011, p. 15), el cultivo de maíz tiene aproximadamente 7000 años de antigüedad, originario de México y cultivado en toda América, tiene gran importancia debido a que se lo usa para el consumo humano y animal. Es considerado el principal cereal en cuanto a rendimiento de grano por hectárea y ocupa el segundo puesto en la producción total, es uno de los cultivos de ciclo corto mayormente explotado.

En el Ecuador la superficie cosechada de maíz duro seco tiene una tasa de crecimiento de 17.23 %. La producción de maíz presenta un crecimiento de 31.62 %. El maíz duro seco se encuentra ubicado principalmente en la Región Costa. Las provincias de los Ríos, Manabí y Guayas forman parte de la superficie total cosechada de maíz, la cual representa el 79.98 %. La provincia de los Ríos es la que genera mayor participación con el 35.96 % a nivel nacional, de igual manera esta provincia aporta 39.42 % en su producción siendo la más alta. Las provincias de Manabí y Guayas generan el 24.47 % y 21.96 % de la producción nacional (Salazar, Cuichán, Ballesteros, Márquez y Orbe, 2017, p. 13).

La problemática que presentan los productores en poscosecha es la infestación de los insectos a los granos almacenados, como es el caso del gorgojo *Sitophilus zeamais*, el cual provoca disminución del poder germinativo, pérdidas en valor nutritivo y la pérdida de peso, disminución del valor comercial del producto. Para su control se han recurrido a la utilización de plaguicidas gasificantes sintéticos los cuales poseen algunas desventajas, como alto costos en los productos, residuos tóxicos dañinos

para la salud de los humanos, todo esto a pesar del uso de equipos especiales para la aplicación del producto.

Por lo anteriormente mencionado, surge la necesidad de buscar nuevas alternativas de control que sean de baja toxicidad tanto para usuarios y consumidores. Por lo tanto, el Ozono se vuelve una alternativa que reúne los requisitos, debido a que no afecta la salud de las personas y permite la conservación del medio ambiente.

Por lo expuesto, los objetivos planteados son los siguientes:

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general.

Evaluar los diferentes tiempos de exposición del Ozono en granos almacenados.

1.1.2 Objetivos específicos.

- Determinar el tratamiento más efectivo en el control del (*Sitophilus zeamais*).
- Evaluar la mortalidad según el tiempo de exposición para determinar el mejor tratamiento.
- Evaluar los costos de aplicación del ozono vs el método tradicional para establecer el de menor costo.

1.2 Hipótesis

El uso de Ozono puede controlar el (*Sitophilus zeamais*) en granos de maíz almacenado.

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Maíz

2.1.1 Origen.

Según Acosta (2009, p. 113), indica que el maíz tuvo su origen en una parte de México y los tipos más avanzados se dirigieron a otros lugares de América. En estos tiempos no hay dudas de que el maíz tiene origen americano, pero nunca fue nombrado en ningún tratado antiguo hasta el descubrimiento de América por Cristóbal Colón, quien lo vio por primera vez en la isla de Cuba en octubre de 1492.

El maíz tuvo sus primeras apariciones entre los años 8000 y 600 AC en Mesoamérica (México y Guatemala), posiblemente a lo largo del acantilado occidental de México Central o del Sur, a 500 km de la Ciudad de México (Acosta, 2009, p. 113).

Guacho (2014, p. 4), afirma que en Ecuador el maíz tuvo sus inicios hace 6 500 años, mediante las investigaciones con fitolitos en muestras de tierra, determinaron que fue en la provincia de Santa Elena. Los primeros en empezar a cultivar este grano fue la cultura “Las Vegas”.

2.1.2 Generalidades del maíz.

El maíz (*Zea mays* L.) es un cereal que pertenece a la familia de las gramíneas o poáceas, es una especie monocotiledónea con un crecimiento anual y de un extenso ciclo vegetativo. Según la variedad que se utilice su desarrollo puede comprender de 80 a 200 días, empezando en la siembra y culminando en la cosecha. El maíz es una planta C4 que presenta una elevada actividad fotosintética, por las diminutas condiciones que requiere este cultivo como la luminosidad, temperatura y humedad. Su crecimiento y desarrollo se da en diferentes regiones (Grande y Orozco, 2013, p. 98 - 100).

2.1.3 Taxonomía.

En la Tabla 1, se describe la clasificación taxonómica del Maíz (Mera y Montaña, 2015, p. 6).

Tabla 1. Clasificación taxonómica del maíz.

| | |
|--------------------------|-----------------|
| Reino | Plantae |
| División | Magnoliophyta |
| Clase | Liliopsida |
| Orden | Cyperales |
| Familia | Poaceae |
| Género | <i>Zea</i> |
| Especie | <i>mays</i> |
| Nombre Científico | <i>Zea mays</i> |
| Nombre Vulgar | Maíz |

Fuente: Mera y Montaña (2015, p. 6).

Elaborado por: El Autor.

2.1.4 Descripción Botánica.

2.1.4.1 Raíz.

Valarezo (2017, p. 4), menciona que las raíces tienen un aspecto robusto y son fasciculadas, su objetivo es aportar alimento y servir como un buen anclaje que se refuerza con las raíces adventicias.

2.1.4.2 Tallo.

Ortas (2008, p. 1), indica que el tallo puede llegar a medir 4 metros de altura, tiene apariencia de caña, es de forma erecta y no presenta ramificaciones, los entrenudos van a estar rellenos de una medula esponjosa.

La estructura del tallo está conformada por la epidermis, la pared y la médula. Se conoce como epidermis a la capa transparente e impermeable la cual sirve de protección. La pared va a estar constituida por una capa

leñosa, dura y maciza, en la cual los haces vasculares van a formar unos canales por donde va a pasar la savia elaborada. Finalmente, la médula consiste en una sustancia suave en donde se van a almacenar las sustancias y el agua (Basantes, 2015, p. 71 - 72).

2.1.4.3 Fruto.

Según Valarezo, indica que el fruto o grano de maíz se considera una cariósipide, el pericardio está fundido con la cubierta de la semilla y estas conjuntamente forman la pared del fruto. El fruto está conformado principalmente por 3 partes: el endospermo triploide, la pared y el embrión diploide (2017, p. 5).

2.1.4.4 Hojas.

Las hojas presentan un gran tamaño, entre sus características principales encontramos que son largas, lanceoladas y alternas. Se encuentran junto al tallo y por el haz se encuentran vellosidades. En sus extremos las hojas son cortantes y afiladas (Toledo, 2017, p. 24).

2.1.4.5 Inflorescencia.

Jaramillo (2012, p. 7 - 8), indica que el maíz consta de una inflorescencia monoica, la cual presenta dos tipos de inflorescencia que son masculina y femenina, se encuentran divididas dentro de la misma planta. En lo que se refiere a la inflorescencia masculina tiene una panícula (espigón o penacho) cuya coloración es amarilla y contiene entre 20 a 25 millones de granos de polen. La inflorescencia femenina presenta una menor cantidad de granos de polen, alrededor de 800 a 1 000 granos, y se forman en los espádices los cuales se encuentran de forma lateral.

2.1.4.6 Grano.

En su investigación, Guacho (2014, p. 7), indica que el pericarpio es la cubierta de la semilla, la cual es de consistencia dura. La capa de aleurona contiene proteínas y se encuentra por debajo, es la que le da el

color al grano (morado, amarillo o blanco). En la parte interna se encuentra el Endospermo con el 85 – 90 % del peso del grano, finalmente el embrión el cual está constituido por la radícula y la plúmula.

La maduración fisiológica en el grano de maíz ocurre aproximadamente entre 50 y 90 días después de que haya ocurrido la fecundación. El grano de maíz es considerado la parte más importante (Basantes, 2015, p. 73).

2.1.5 Importancia del maíz en Ecuador.

El maíz es uno de los productos agrícolas con mayor importancia económica y social, se utiliza para la alimentación humana y animal, producción de almidón, aceite, harina y en las formulaciones para los alimentos balanceados (Cardoso, et al., 2014, p. 58).

Paucar y Angélica (2011, p. 1 - 2), manifiestan que en el Ecuador el maíz es un cultivo de gran importancia debido a su producción y su consumo, la distribución se la encuentra de la siguiente manera: 43 240 has se encuentran en la provincia del Guayas, Manabí con un aproximado de 51 923 has, y la mayor distribución se encuentra en la provincia de los Ríos con 106 681 has. En cuanto al rendimiento presenta 2.5 TM/ha promedio.

2.1.6 Producción de Maíz en Ecuador.

El rendimiento del maíz duro en el verano 2017 fue de 6.28 t/ha con un 13 % de humedad y 1 % de impureza. La provincia de Manabí logró tener un rendimiento de 8.74 t/ha, el rendimiento de la provincia del Guayas fue baja tan solo con 4.43 t/ha. El incremento del 9 % ocurrió principalmente por la mejora que se dio en fertilización y el manejo de densidades de siembra (El Productor, 2018).

En el 2017, el desempeño del maíz duro fue alto. Presentó una tasa de crecimiento en superficie de 17.23 %, aumentando a 388 534 has, en cuanto a la producción tuvo un incremento de 31.62 % con 1' 436 106 toneladas (Diario El Comercio, 2018).

2.1.7 Poscosecha de maíz.

Las actividades de cosecha y poscosecha se deben de realizar de manera pertinente y adecuada para evitar que se dañe la calidad del grano. La labor de poscosecha empieza inicialmente con el secamiento y almacenamiento, además también se ejecutan labores de clasificación, limpieza y empaque (Ospina, 2015, p. 119).

La preservación correcta de los granos alimenticios dependerá principalmente de las condiciones ecológicas de la planta, las propiedades del grano físico-químicas y biológicas, el tiempo de almacenamiento, así como la particularidad de la troja, bodega o almacén (Blanco, Durañona y Acosta, 2016, p. 106).

2.1.7.1 Secado.

La labor de secado consiste en retirar la mayor cantidad de humedad que se encuentre en el grano durante la recolección hasta dejarlo en las condiciones que nos garanticen un almacenamiento seguro. La presencia de granos húmedos incita a la aparición de los hongos, microorganismos, insectos y roedores, provocando la destrucción de los granos (Hernández y Puentes, 2012, p. 14 - 15).

Ospina (2015, p. 121), menciona que el grano de maíz para su comercialización debe de tener 15 % de humedad y 3 % de impurezas. La humedad es una condición vital en el secado del grano, debido a que cuando presenta una humedad mayor al 14 % va a incrementar la actividad respiratoria, los niveles de temperatura y la humedad en el interior del grano, brindando las condiciones óptimas para que las enfermedades e insectos

proliferen. Las pérdidas de maíz en poscosecha por daño oscilan entre 30 y 47 %.

El secado del grano se lo realiza de dos formas tanto natural o artificial. En el secado natural se pueden hacer en tendales siempre y cuando los factores climáticos ayuden, es decir que la temperatura sea superior a los 20 °C y la humedad relativa inferior al 60 %. El secado artificial se lo realiza a través de secadoras de caballetes, que divide al grano en capas de menor espesor logrando un intercambio entre el aire y el grano (Morocho, 2016, p. 13).

2.1.7.2 Limpieza.

Consiste en eliminar todo tipo de componente extraño a los granos, que se mezclan durante la cosecha, como hojas, ramas, polvo, tierra. Ésta labor se la realiza debido a que estos materiales intervienen de manera negativa en la conservación de los granos y acelera su deterioro, puesto que los granos sufren un aumento en su temperatura y humedad por lo que son más propensos a sufrir el ataque de insectos, hongos y bacterias (Hernández y Puentes, 2012, p. 22 - 23).

Según Hernández y Puentes (2012, p. 22 - 23), indican que la presencia de impurezas es negativa cuando se va a realizar el control de insectos, ya que ocupan los espacios intergranulares y van a obstruir el movimiento del aire. El precio en el mercado va a disminuir cuando se encuentra un alto nivel de impurezas.

2.1.7.3 Almacenamiento.

El almacenamiento de los granos ayuda a garantizar la disponibilidad de granos para épocas de menor demanda, por este motivo es de gran importancia tener un correcto manejo en la conservación de los granos para mantener su calidad, brindándoles las condiciones óptimas para que no sufran daños por las plagas y enfermedades. Para el almacenamiento el

grano no debe tener tierra, granos partidos o materias extrañas, debe estar sano libre de insectos antes de ser ingresado a los silos, ya que todas estas condiciones pueden modificar el contenido de humedad y provocar la aparición de hongo (Morocho, 2016, p. 14).

Según Hernández, Rodríguez, Niño y Pérez (2009, p. 22), mencionan que durante el almacenamiento se presenta el fenómeno de la respiración, la cual es provocada por el propio grano, dando inicio a las actividades metabólicas de los seres vivos allí presentes, produciendo energía y agua que se almacena en el lugar donde se originó, creando un foco de calentamiento que son las primeras pautas de una fase detereorativa de los granos almacenados. Cuando se tiene un buen control de humedad del grano, humedad relativa y la temperatura ambiente los granos no van a sufrir un deterioro en su calidad.

2.1.7.4 Condiciones para el almacenamiento.

En su investigación Ospina (2015, p. 126), menciona las condiciones de mayor importancia en el almacenamiento del grano de maíz.

- Humedad Relativa: Es vital conservar la humedad relativa, la cual debe ser inferior al 60 % con el objetivo de que no proliferen los mohos.
- Humedad del grano: cuando la humedad es mayor al 12 % ayuda a que ocurran las contaminaciones por los hongos *Aspergillus* y *Penicillium*.
- Temperatura: Se debe mantener por debajo de los 25 °C y cuando el almacenamiento es de semillas debe ser inferior a los 10 °C.
- Duración del Periodo de almacenamiento: Se puede mantener almacenado por un tiempo de dos a tres meses en clima cálido y mucho mejor en clima medio y frío, siempre y cuando se hayan cumplido las condiciones mencionadas anteriormente y se tenga una

ventilación adecuada para que pueda mantenerse lo más seco posible.

2.1.8 Pérdidas Poscosecha por los insectos.

Según Robledo (1986, p. 70), indica las principales pérdidas poscosecha a continuación:

- Pérdida de peso: ocurre cuando los insectos atacan al grano y toman el alimento del endospermo, dejando el grano vacío por dentro.
- Pérdida del poder germinativo: Las especies que se alimentan del germen, provocan una disminución en el poder germinativo de las semillas.
- Reducción del valor comercial: La presencia de insectos en lotes de granos de maíz, provoca pérdidas económicas y disminución del valor comercial, debido a que los granos están clasificados de acuerdo a su calidad.
- Contaminación del grano: Los insectos además de consumir el grano también dejan sus excrementos, sus mudas y secreciones, provocando principalmente contaminación del grano y rechazo por los consumidores debido a la calidad y a los malos olores que estos provocan.
- También se considera como pérdidas poscosecha la reducción del valor nutritivo del grano y la diseminación de hongos en la masa de granos.

2.1.9 Principales plagas del maíz almacenado.

Abadia y Barosik (2013, p. 108), indican que el Gorgojo del maíz (*Sitophilus zeamais*), es considerado una plaga primaria debido a que atacan al grano sano o entero, lo que lo diferencia del gorgojo del arroz es su tamaño el cual puede medir de 3 a 3.5 mm y, sus manchas claras en las alas

delanteras. Las alas posteriores le ayudan a volar y pueden poner sus huevos en el campo o en los granos almacenados.

Barrenillo menor de los granos, *Rhyzopertha dominica* F., mide aproximadamente 3 mm de largo, la cabeza se encuentra por debajo del tórax y presenta crestas. Su coloración es café oscuro (Torres, Esparza, González y Torres, 2016, p. 29).

En su investigación Gómez (2009, p. 38), menciona que el Picudo o gorgojo de los graneros *Sitophilus granarius* L., es de coloración café oscuro, puede medir de 3 a 4 mm. Entre sus características morfológicas tenemos que su tórax es más corto que la probóscide, su pronoto tiene punturas de forma oval, su cuerpo es delgado y cilíndrico.

Bourne, Wong, Borboa y Cinco (2014, p. 64), manifiestan que el Barrenador mayor de granos *Prostephanus truncatus* (Horn), es un insecto que se desarrolla y alimenta en los granos, su ataque lo hace a nivel de campo y almacenamiento, es originario de Mesoamérica y puede provocar daños en los alimentos, materiales de construcción.

Torres, et al., (2016, p. 29), indican que la Palomilla de los cereales *Sitotroga cerealella*, mide de 5 a 8 mm de largo con una coloración café, entre las características morfológicas presenta alas estrechas de extremos agudos, en la parte posterior se encuentran pelos largos, además Abadia y Barosik mencionan que la (*Sitotroga cerealella* Olivier), es considerada una plaga primaria ya que tiene la capacidad de atacar al grano entero y sano. Las alas de los adultos presentan escamas, cuando están extendidas pueden llegar a medir de 14 a 18 mm (2013, p. 107).

Gorgojo del arroz *Sitophilus oryzae* L., su color varía de café a negro, los adultos tienen una longitud de 2.5 a 3.5 mm y su cabeza tiene apariencia de trompa, en el extremo de la probóscide se encuentra el aparato bucal

masticador. Las hembras perforan el grano y ponen un huevecillo el cual es tapado con una secreción, el adulto hace un hueco de forma circular que es por donde el ingresa, su ciclo biológico es de 4 a 6 semanas (García, Bautista y González, 2009, p. 89).

Tribolio confuso (*Tribolium confusum*), pertenece al orden de los coleópteros, es considerado una plaga secundaria, los adultos pueden medir de 3 a 4 mm y la coloración de su cuerpo es castaño rojizo brillante. Presenta unas alas con estrías las cuales no son funcionales, lo que diferencia a esta plaga de las otras es el reborde que se encuentra ubicado por encima de sus ojos (Abadia y Barosik, 2013, p. 111).

El Gorgojo castaño *Tribolium castaneum* Erbst, presenta una coloración rojizo castaño a marrón negruzco, los tres últimos segmentos antenales son más anchos y definidos que los anteriores. Los adultos pueden llegar a medir de 3 a 4 mm (García, et al., 2009, p .93).

2.2 Gorgojo del maíz

2.2.1 Generalidades.

Los investigadores Torres, et al., (2015, p. 49), manifiestan que el gorgojo del maíz (*Sitophilus zeamais*), pertenece al Orden Coleóptero, Familia Curculionidae, se encuentra en el grupo de plagas primarias de los cereales almacenados. Es un insecto cosmopolita y tiene la capacidad de atacar los granos antes de realizar la cosecha, si no se realizan los controles adecuados en el almacenaje del grano, en un periodo aproximado de 6 meses puede provocar la destrucción total de los granos, además Hincapié, Lopera y Ceballos (2008, p. 76), argumentan que el gorgojo (*Sitophilus zeamais* M.) posee una alta capacidad de vuelo, lo cual le permite atacar los cereales desde el campo.

2.2.2 Importancia del Gorgojo del maíz.

El *Sitophilus zeamais*, también nombrado escarabajo o gorgojo, es considerado una de las plagas de mayor importancia económica, debido a que atacan a los granos que se encuentran almacenados y generan cuantiosas pérdidas económicas. Los daños provocados por estos insectos pueden llegar al 60 % en un tiempo de 6 meses y provocar la disminución del peso del grano por arriba del 15 % (de Sousa y Conte, 2013, p. 1).

Ojo y Omoloye (2016, p. 1), argumentan que el gorgojo del maíz provoca daños cualitativos y cuantitativos en los granos almacenados, cuando no se le ha dado el manejo óptimo puede provocar una pérdida de peso del grano de 20 a 90 %, el porcentaje de pérdida es mayor cuando las estructuras donde se encuentran los granos no son las adecuadas, y por las propiedades físicas y químicas del producto.

El gorgojo *Sitophilus zeamais* tiene la capacidad de atacar no solo en campo, también ataca bodegas pero su accionar es mayor en los granos de maíz, provoca daños a otros cultivos como trigo, arroz, sorgo, entre otros (Chávez, Valdés, Hernández, Gutiérrez y Valladares, 2016, p. 100).

2.2.3 Origen y Distribución.

Hincapié, Lopera y Ceballos (2008, p. 76), indican que el gorgojo *Sitophilus zeamais* es originario de la India, pero ha sido ubicado también en Europa y en diferentes regiones tropicales del mundo. Se encuentra distribuida ampliamente en los trópicos y subtrópicos. Esta plaga se la localiza en países como Brasil, México, Colombia, Venezuela, Perú y Chile.

2.2.4 Clasificación taxonómica del Gorgojo del Maíz *Sitophilus zeamais*.

En la Tabla 2, se describe la clasificación taxonómica del Gorgojo del Maíz, *Sitophilus zeamais* (Bastida, 2016, p. 15).

Tabla 2. Clasificación taxonómica del *Sitophilus zeamais*

| | |
|-----------------|-------------------|
| Reino | Animal |
| Clase | Insecta |
| Orden | Coleóptera |
| Suborden | Pollyphaga |
| Familia | Curculionidae |
| Género | <i>Sitophilus</i> |
| Especie | <i>zeamais</i> |

Fuente: Bastida (2016, p. 15).

Elaborado por: El Autor.

2.2.5 Descripción Morfológica.

Medrano (2000, p. 19 - 20), manifiesta que los adultos de *Sitophilus zeamais* presentan una coloración café oscuro, el pronoto tiene orificios de forma redonda. Lo que hace diferente a este gorgojo de los otros es su cabeza, la cual tiene forma de pico y es alargada. Los adultos alcanzan una medida de 2.5 a 3.5 mm.

2.2.6 Ciclo Biológico.

Tapia (2013, p. 27), indica que la hembra puede depositar un promedio de 200 huevos, este insecto para reproducirse requiere una humedad superior al 9.5 %, con una temperatura entre 13 a 35 °C. Pone de 2 a 3 huevos diarios y eso depende de dos factores que son la temperatura y la humedad. La hembra para colocar los huevos dentro del grano realiza un agujero y luego lo sella con la saliva mucilaginosa que posee. Los huevos eclosionan luego de 5 a 8 días a una temperatura de 18 – 20 °C. Luego se produce el nacimiento de las larvas que son de color blanco y no presentan patas, estas se alimentan del endospermo del grano.

Las larvas no pueden vivir al aire libre, por ese motivo se desarrollan solamente en el interior del grano. Generalmente mudan cuatro veces, para así transformarse en ninfas, eso es un periodo de 2 a 3 semanas.

Los adultos aparecen después de 5 a 7 días más, y viven 9 meses. Cuando el insecto se muestra molesto finge su muerte replegando las patas sobre el cuerpo y se mantiene en esa posición. Para que el ciclo completo dure 6 meses debe existir una temperatura de 15 °C, con una humedad en el grano de 11.3 % (Tapia, 2013, p. 27).

2.2.7 Comportamiento de la plaga.

En su investigación Padilla (2015, p. 25), asegura que el alimento principal de esta plaga son los cereales. El gorgojo *Sitophilus zeamais* genera pérdidas económicas al agricultor y una disminución en la calidad de los granos. Los principales factores que motivan al desarrollo de esta plaga son la temperatura y la humedad. Cuando los granos presentan un porcentaje de humedad de 12 a 13 % genera un incremento de la plaga, cuando la humedad es menor al 9 % el ataque se detiene. La temperatura óptima de desarrollo se encuentra en un rango de 10 a 25 °C, cuando la temperatura es menor a 5 °C y mayor a 59 °C ocurre mortalidad de los insectos.

2.2.8 Daños Directos e Indirectos.

Tapia (2013, p. 30), indica que cuando el gorgojo *Sitophilus zeamais* se alimenta del embrión o endospermo es considerado como un daño directo, esto genera pérdidas de los nutrientes, menor peso del grano de maíz y limitación en la germinación, lo cual hace que se vea afectada su cotización en el mercado. También ocurre el daño directo cuando existe contaminación por el excremento y la formación de telas hechas por las polillas. Los daños indirectos ocurren por el calentamiento, migración de la humedad y cuando los compradores rechazan el producto.

2.2.9 Investigaciones en el Ecuador y Latinoamérica para el control del gorgojo del maíz *Sitophilus zeamais*.

En el Ecuador se han hecho pruebas para tener el control de este insecto, se lo ha realizado con ajeno o Santa María (*Parthenium*

hysterophorus) y romero (*Rosmarinus officinalis*) el cual se utilizó como materia prima para así lograr aislar el aceite tuyona, eso se utilizó para la elaboración de los comprimidos, con el objetivo de utilizarlos para el control del gorgojo *Sitophilus zeamais* en granos de chulpi. Como resultado se logró un control en su totalidad del 100 % de la plaga utilizando comprimidos de 5 000 mg del aceite esencial (Padilla, 2015, p. 26).

Padilla (2015, p. 26), menciona que en la Universidad de Concepción de Chile se realizó un ensayo con 23 plantas nativas de la misma región, las cuales fueron secadas, pulverizadas y aplicadas a maíz en almacenamiento, todo esto bajo condiciones de laboratorio, donde se determinó que *Chenopodium ambrosioides* L. y *Peumus boldus* Mol., respondieron con un mejor control sobre la plaga.

2.2.10 Métodos de control.

2.2.10.1 Control cultural.

García (2009, p. 14 - 15), nos explica los diferentes métodos tradicionales que se utilizan a continuación:

- Exponer periódicamente el grano al sol.
- Aplicar humo, mezclar el grano con ceniza, arena, tierra diatomeas.
- Cosechar tempranamente el maíz ayuda a reducir el tiempo de exposición al ataque de *Sitophilus zeamais*.
- No se recomienda almacenar los granos en sacos viejos y con huecos.
- Realizar limpiezas en los lugares donde se almacena el grano, deben estar libres de gorgojo.
- Evitar poner los sacos con grano en el piso, se recomienda utilizar tarrinas.

2.2.10.2 Control físico.

Barrillas y Rivera (2008, p. 29 - 30), indica que usar la temperatura a su máximo extremo provoca que se detenga el desarrollo y la reproducción de los insectos, siempre y cuando se encuentre en un rango por debajo de los 13 °C y por encima de los 35 °C. Los recipientes herméticos es otro método de control físico, estos consisten en el uso de recipientes que estén completamente cerrados, provocando la muerte de los insectos por la falta de entrada de oxígeno.

La tierra diatomea es otro método de control físico que se utiliza, son algas microscópicas que poseen carga negativa, presentan estructuras de tamaño muy pequeño que poseen cristales de bordes irregulares, los cuales le provocan la muerte al insecto por deshidratación de tejidos, para su aplicación se mezcla el polvo con los granos. También se utilizan polvos inertes, cenizas y arenas finas, que tiene la función de absorber los lípidos que forman la cutícula del insecto facilitando la pérdida de agua y posteriormente provocando la muerte del insecto por deshidratación, para su aplicación se mezcla el polvo con los granos (Barrillas y Rivera, 2008, p. 29 - 30).

2.2.10.3 Control Biológico.

García (2009, p. 15), manifiesta que existe una gran cantidad de depredadores que atacan a las plagas que se encuentran en los granos almacenados. Entre los Coleópteros depredadores de mayor importancia tenemos: Carabidae, Staphylinidae e Histeridae. Las chinches son los depredadores más frecuentes, aquí se encuentran la familia *Anthocoridae* y *Xylocoris flaviceps*.

García, Espinosa y Bergvinson (2007, p. 11), indican que la avispa que pertenece a la familia Pteromalidae, la Hymenoptera es considerada la enemiga del gorgojo, permanece en el maíz almacenado junto a los insectos, se la diferencia rápidamente por su color verde metálico y tamaño

pequeño, cuando hay presencia de estas avispa no deben de eliminarse. La avispa primero encuentra el orificio que realizo la larva del gorgojo, luego ingresa el ovopositor y pone un huevecillo cerca de la larva del gorgojo, la larva de la avispa va a depender de su hospedero para poder desarrollarse, a los 14 días emerge y finalmente la larva del gorgojo muere.

2.2.10.4 Control químico.

Según TopOzono (s/f), menciona que las sustancias que se toman en cuenta para minimizar los efectos de las plagas en los granos almacenados pueden provocar la muerte de cualquier ser que se encuentre cercano al grano, incluyendo a las personas. Entre las sustancias que más se utilizaban estaba el bromuro de metilo, un pesticida que salió del mercado desde el 2005, además Greiffenstein (1997, p. 64 - 65), argumenta que el tetracloruro de carbono y el di-bromuro de etileno fueron utilizados durante mucho tiempo, pero los mismos salieron del mercado debido a que dejaban restos constantes y afectaban en la germinación de la semilla.

La fosfina o el Fosforo de Aluminio es una sustancia letal, presenta una alta toxicidad y su componente tóxico es un gas llamado fosfin. Se utiliza para preservar los granos de las cosechas, por su gran toxicidad afecta a los insectos en todos sus estadios. Las propiedades de este veneno se basan en una pastilla de 560 mg hasta 3 g, con una coloración gris oscuro, la cual cuando tiene fricción con la humedad libera un gas conocido como fosfin o gas fosfina, el cual tiene un olor característico similar a pescado descompuesto o ajo concentrado y es descolorido (Carvajal, Arancibia, Leaño y Estrada, 2015, p. 43 - 44).

Menciona TopOzono (s/f), que para culminar con la fumación del grano usando fosfina se necesita un lapso de dos a tres días, durante ese tiempo los silos permanecen completamente cerrados para que así el gas se mantenga mayor tiempo en contacto con el grano y así la toxicidad que presenta la fosfina se pueda introducir de manera más efectiva en el bulto de

granos. Buscar algo que sustituya estos métodos resulta imperativo ya que, de no usarlos, los insectos no solo van a provocar daño en el grano, sino que también van a poner sus heces sobre los granos produciendo el incremento de hongos (*Fusarium* y el *Aspergillus*).

2.3 Ozono

2.3.1 Generalidades del Ozono.

El Ozono es un gas incoloro que presenta una alta reactividad, está formado por tres átomos de oxígeno (O₃). Este gas es un elemento natural de la atmósfera que se encuentra en las dos capas inferiores que son: la tropósfera (desde la superficie terrestre hasta los 10 km de altura) y la estratósfera (entre 10 - 50 km por encima de la superficie terrestre). Una de las funciones del Ozono es servir como protector ante la radiación ultravioleta en la estratósfera, donde se encuentra el 90 % del Ozono atmosférico y forma la capa de Ozono (Bermejo, Alonso, Elvira, Rábago y García, 2009, p. 9).

El Ozono no puede ser almacenado ya que presenta una gran inestabilidad química a presión y temperatura ambiente, por ello los investigadores requieren de una máquina generadora del gas con el objetivo de que cuando se realice un experimento se obtenga en el momento. El Ozono en relación con el oxígeno es casi dos veces más soluble en agua (Llerena, Castaño y Joaquín, 2015, p. 68).

En estado gaseoso y a presión atmosférica el Ozono tiene una vida aproximada de 12 horas, el cual puede transformarse en dos moléculas de oxígeno sin dejar rastros, lo que es considerado como positivo para el ambiente. Este gas se lo usa para minimizar de manera eficiente las poblaciones de insectos y hongos (Solano, Triana, Ávila, Hernández y Morales, 2017).

2.3.2 Producción de Ozono.

De manera general el Ozono se forma en la atmósfera por dos procesos. Primero la separación de dos átomos de O_2 que ocurre cuando la luz ultravioleta rompe fotolipidicamente una molécula de oxígeno. La segunda forma se da cuando cada átomo de oxígeno choca con otra molécula de O_2 y forma una molécula de Ozono (Dirección de Monitoreo Atmosférico, 2016).

Para obtener el Ozono de la industria existen dos maneras. El método que con mayor frecuencia se realiza es pasando aire por unos tubos de vidrio que tienen superficies metalizadas de manera concéntrica (ozonizadores) entre los que se hace saltar una descarga de elevada diferencia (15 kW) y alta frecuencia (50 Hz) que interviene sobre las moléculas de O_2 ocasionando la formación del Ozono (trioxígeno). Cuando se divide el Ozono por destilación fraccionaria se tiene como resultado ozono mezclado con el aire pero en concentraciones de 2 % (Tecnozono, 2015).

2.3.3 Modo de acción del Ozono.

El Ozono es considerado un desinfectante universal, que oxida los elementos contaminantes, desapareciendo el olor y color y a su vez ayuda a destruir diferentes microorganismos como bacterias, virus, algas y hongos. La función desodorizante ocurre por la oxidación de las moléculas o de los diferentes compuestos químicos como los ácidos, hidrocarburos, cetonas, derivados de azufre y nitrógeno. El Ozono actúa oxidando la pared celular, destruyéndola y atacando a los constituyentes de los ácidos nucleicos (ADN Y ARN). Por este motivo los microorganismos no tienen la capacidad de producir inmunidad al Ozono como si lo hacen con otros compuestos (Ramírez y Sáinz, 2012, p. 4).

2.3.4 Uso de Ozono en control de plagas de almacén.

El uso de este gas se vuelve atractivo en el control de hongos e insectos en los granos almacenados, eliminando la manipulación, almacenamiento de recipientes y el uso de productos químicos. El Ozono puede causar la mortalidad en los insectos sin afectar la calidad de los granos o los alimentos tratados y además no provocan daños al medio ambiente. Para los Tratamientos poscosecha se han desarrollado equipos con el objetivo de respetar al medio ambiente y la calidad de vida de los operadores de máquinas (Mira, 2011, p. 19).

Para que el Ozono tenga un efecto positivo en la mortalidad de los insectos, la concentración y el tiempo de exposición cumplen un papel importante, de igual manera las características del sustrato y los componentes químicos de las estructuras de almacenamiento. Cuando se utiliza Ozono la mortalidad se produce aproximadamente en un lapso de 24 horas o antes, lo cual representa menor tiempo de exposición que el que se requiere cuando se coloca fosfina (Solano, et al., 2017).

Sustituir los químicos para el control de los insectos es inevitable, debido a que los daños provocados por los insectos no solo son físicos, también defecan en los granos y eso induce al desarrollo de hongos como *Fusarium* sp. y *Aspergillus* sp. El Ozono para el control en los granos se aplica en bajas dosis, pero lo suficiente para eliminar los insectos, se ha demostrado que ayuda en la eliminación de olores, hongos y bacterias (Casini y Santajuliana, 2008).

3 MARCO METODOLÓGICO

3.1 Localización del ensayo

El Trabajo de Titulación se realizó en el invernadero de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, ubicada en la Av. Carlos Julio Arosemena km 1 ½, cantón Guayaquil, provincia del Guayas.

En el Invernadero de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, se registró una temperatura entre los 27 y 32 °C con un porcentaje de humedad del 60 %.

3.2 Tipo de Investigación

La investigación tuvo un enfoque cuantitativo, con un alcance descriptivo y correlacional. El tipo de investigación que se aplicó es experimental en invernadero.

3.3 Materiales y Equipos

En la investigación se utilizaron los siguientes materiales y equipos:

- Cuaderno
- Lápiz
- Celular
- Computadora
- Medidor de humedad en granos – Burrows Moisture Tester DMC 500
- Balanza digital - Kern D - 72336
- Frascos plásticos 1 000 ml
- Generador de Ozono de 2 gramos
- Medidor de concentración de Ozono en ppm
- Cronómetro
- Pinza quirúrgica
- Guantes quirúrgicos

- Mascarilla de carbón
- Pastilla de Fosforo de Aluminio (gastoxin).
- Tanque de oxígeno de 1 m³.
- Manguera de silicone de ¼
- Válvula cheque de ¼
- Charola de aluminio
- Pala plástica
- Cinta de tela gris
- Zaranda
- Tamiz 12
- Cuchara plástica
- Mesa plástica

3.4 Diseño del Experimento

Se realizó mediante un Diseño Completamente Aleatorizado (DCA) Monofactorial, que constó de 5 Tratamientos y 5 repeticiones, dando un total de 25 Unidades Experimentales. Con el ANOVA (Análisis de Varianza), se realizó el procesamiento estadístico. Cuando el ANOVA indicó la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos, se aplicó la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) para la separación de medias y un Análisis de Regresión.

Cada unidad experimental consistió en un recipiente plástico de 1 000 ml de capacidad con 300 gramos de maíz de la variedad tropic 101 en donde se agregaron 20 insectos (*Sitophilus zeamais*) por recipiente dando una muestra total de 500 gorgojos.

El factor de objeto de estudio de ésta investigación es el Ozono (O₃) como alternativa para el método de control inocuo de los gorgojos en los granos almacenados.

Los tratamientos estudiados fueron:

- T1 Testigo absoluto
- T2 Testigo relativo (Se usó Fosforo de Aluminio - gastoxin)
- T3 Concentración de 11 ppm O₃ durante 10 minutos
- T4 Concentración de 11 ppm O₃ durante 20 minutos
- T5 Concentración de 11 ppm O₃ durante 30 minutos

3.5 Variables en estudio

Las variables estudiadas durante el Trabajo de Titulación fueron:

Tabla 3. Variables a estudiar

| Variables | Definición Conceptual | Dimensión | Medida |
|-------------------|--|------------------|--------------------------|
| Mortalidad | Cantidad de individuos que mueren en un lugar y en un tiempo determinado en relación con el total de la población. | Relativa | % porcentual 48 horas |
| Tiempo | Periodo determinado durante el que se realiza una acción o se desarrolla un acontecimiento. | Tiempo | Minutos |

Elaborado por: El Autor.

Variable dependiente: La tasa de mortalidad de los gorgojos (*Sitophilus zeamais*) (%).

Variable Independiente: El tiempo de aplicación del Ozono (minutos).

3.6 Manejo del Experimento

3.6.1 Semilla utilizada.

Se utilizó la variedad Tropic 101, la cual se obtuvo de una plantación ubicada en el cantón Buena Fe.

3.6.2 Recolección de los Insectos.

Se adquirieron 5 kg de maíz infestado de un Centro de Acopio ubicado en la Provincia de los Ríos, para la cría de los gorgojos se mezcló con 15 kg de maíz sano de la variedad tropic 101, se lo mantuvo a temperatura ambiente mediante recipientes plásticos, con el objetivo de que se reproduzcan.

3.6.3 Concentración de Ozono.

La concentración seleccionada se determinó con base a pruebas preliminares que se realizaron en el Laboratorio de Análisis de Suelos, trabajando con diferentes dosis se determinó que la concentración de 11 ppm es la correcta para tener mortalidad de los gorgojos, se utilizó una máquina generadora de Ozono de 2 gramos, alimentado con oxígeno al 95 % de pureza. En este caso se usó un medidor de Ozono en gas para justificar la dosis que se utilizó.

3.6.4 Determinación del tiempo de aplicación.

Se realizaron pruebas para determinar los tiempos adecuados, se inició con un tiempo de 5 minutos en el cual no se obtuvo mortalidad, por consiguiente se trabajó con un tiempo de 10 minutos en el cual los resultados fueron positivos, por ese motivo los Tratamientos fueron de 10, 20 y 30 minutos de aplicación del Ozono.

3.6.5 Aplicación del Ozono en los frascos.

Se pesaron 300 gramos de maíz en la Balanza digital Kern D - 72336 luego se colocaron en cada uno de los frascos, para posteriormente conocer la humedad, se tomó con una pala plástica 100 gramos de maíz de cada uno de los frascos y se los colocó en el medidor de humedad de granos con el objetivo de conocer con que humedad ingresaron al momento de aplicar los tratamientos.

Fueron colocados manualmente 20 insectos *Sitophilus zeamais* en cada uno de los frascos con la ayuda de una cuchara plástica para evitar que sufran daños por la manipulación, se ingresó un total de 500 insectos.

Para la aplicación del Ozono se utilizó una máquina generadora cuya capacidad es de 2 gramos, la cual mediante una manguera de silicone de $\frac{1}{4}$ permitió que circule el Ozono dentro de los frascos plásticos de 1 000 ml.

Los frascos que se utilizaron en los Tratamientos 3, 4 y 5 con una concentración de ozono de 11 ppm en diferentes tiempos tuvieron un orificio en la parte superior en cual se insertó la manguera de silicone $\frac{1}{4}$ con el Ozono y otro orificio más pequeño en la parte inferior de los frascos con el objetivo de liberar la presión creada en el frasco por el ingreso del gas Ozono.

Una vez que se cumplió el tiempo de aplicación del Ozono se procedió a tapar ambos orificios con una cinta de tela gris para evitar que se escape el gas, los frascos fueron abiertos a las 48 horas para evaluar la mortalidad.

3.6.6 Aplicación del Fosforo de Aluminio (gastoxin) en los frascos.

Se colocaron 300 g de maíz, luego se tomó muestras de humedad de los granos y se ingresaron los 20 insectos en cada frasco. Se pesó la

pastilla de Fosforo de Aluminio (gastoxin) y se obtuvo como resultados 2.86 g. La dosis que se colocó en cada frasco fue de 0.57 g de gastoxin.

Los Tratamientos 1 y 2 no se les realizó orificios en los frascos, debido a que en el caso del T1 es el Testigo Absoluto y el T2 es el Testigo Relativo en el cual se utilizó Fosforo de Aluminio (gastoxin) como control químico tradicional y debido a la alta toxicidad que presenta este químico el frasco permaneció completamente hermético.

3.6.7 Evaluación de la Mortalidad del gorgojo del maíz *Sitophilus zeamais*.

El conteo de la mortalidad se lo efectuó a las 48 horas de haber aplicado los tratamientos, luego se abrieron cada uno de los frascos. Se tomó como referencia la metodología utilizada por Vidales (1991, p. 29), en la cual para evaluar la mortalidad de los insectos se utilizó una zaranda con un tamiz 12 de abertura 4.76 mm. Se colocó el grano con los insectos en la zaranda y se agitó durante 10 segundos para así separar los insectos de los granos ya que estos caen por los orificios en una charola de aluminio.

Se consideraron insectos muertos aquellos que permanecieron totalmente inmóviles y que al tocarlos con una pinza quirúrgica no mostraron ninguna reacción.

La revisión de la mortalidad del Tratamiento Químico con Fosforo de Aluminio (gastoxin) se lo realizó con cuidado debido a la alta toxicidad del producto, para aquello se abrieron cada uno de los frascos y se los dejó durante 1 hora en lugar despejado para no tener contacto directo con el gas, en éste caso se utilizó una mascarilla de carbón y guantes quirúrgicos como norma de seguridad.

Para calcular el porcentaje de mortalidad se aplicó la fórmula de Duso, et al., (2008) en la cual indica lo siguiente:

$$\%M = \frac{NMF}{NVI} \times 100$$

Dónde:

%M = Porcentaje de mortalidad del tratamiento

NMF= Número de individuos muertos al final del tratamiento

NVI= Número de individuos vivos al inicio del tratamiento

3.7 Análisis Estadístico

Los datos que se obtuvieron de la mortalidad de los gorgojos se tabularon en una hoja electrónica de Excel®, luego se clasificaron de acuerdo al tratamiento que corresponde. Además se calculó las medidas de tendencia central y de dispersión mediante los procedimientos básicos de estadística descriptiva. Para la obtención de los resultados se utilizó el programa estadístico Infostat versión estudiantil y fueron expresados mediante tablas, figuras, textos.

4 RESULTADOS

En las Tablas siguientes se presentan los datos de mortalidad y humedad para la comprobación del trabajo Evaluación del efecto del Ozono (O₃) en el control del gorgojo (*Sitophilus zeamais*) en granos almacenados, a nivel de invernadero los cuales permitieron obtener conclusiones para esta investigación.

Tabla 4. Mortalidad de Insectos Tratamiento 1 (Testigo Absoluto).

| Tratamiento | Repetición | Número de insectos ingresados | Insectos vivos al final | Insectos muertos al final | Porcentaje de Mortalidad |
|-------------|------------|-------------------------------|-------------------------|---------------------------|--------------------------|
| T1 | R1 | 20 | 20 | 0 | 0 % |
| T1 | R2 | 20 | 18 | 2 | 10 % |
| T1 | R3 | 20 | 18 | 2 | 10 % |
| T1 | R4 | 20 | 20 | 0 | 0 % |
| T1 | R5 | 20 | 20 | 0 | 0 % |
| | | | | | \bar{X} 4 % |

Elaborado por: El Autor.

En la Tabla 4 que corresponde al Tratamiento 1 (Testigo Absoluto), el porcentaje general de mortalidad fue de 4 %, donde los insectos muertos se presentaron en la repetición 2 y 3 teniendo como mayor porcentaje de mortalidad el 10 % y el menor porcentaje el 0 %. La presencia de insectos muertos posiblemente ocurrió debido a que estos ya cumplieron con su ciclo de vida.

Tabla 5. Humedad del Tratamiento 1 (Testigo Absoluto)

| Nº Tratamiento | Repetición | Humedad |
|---------------------------|-------------------|--------------------------|
| 1 | 1 | 12.30 % |
| 1 | 2 | 12.00 % |
| 1 | 3 | 11.80 % |
| 1 | 4 | 11.80 % |
| 1 | 5 | 12.10 % |
| | | \bar{X} 12.00 % |

Elaborado por: El Autor.

Como se indica en la Tabla 5 el promedio de humedad con que ingresó el grano antes de aplicar los Tratamientos fue de 12 %.

Tabla 6. Mortalidad de insectos Tratamiento 2 (Testigo Químico).

| Tratamiento | Repetición | Número de insectos ingresados | Insectos vivos al final | Insectos muertos al final | Porcentaje de Mortalidad |
|--------------------|-------------------|--|--|--|---|
| T2 | R1 | 20 | 0 | 20 | 100 % |
| T2 | R2 | 20 | 0 | 20 | 100 % |
| T2 | R3 | 20 | 0 | 20 | 100 % |
| T2 | R4 | 20 | 0 | 20 | 100 % |
| T2 | R5 | 20 | 0 | 20 | 100 % |
| | | | | | \bar{X} 100 % |

Elaborado por: El Autor

En la Tabla 6 que pertenece al Tratamiento 2 (Testigo Relativo), donde se aplicó Fosfuro de Aluminio (gastoxin), el porcentaje general de mortalidad fue del 100 %, es decir que los insectos murieron en todas las repeticiones, una de las principales causas es la gran toxicidad que presenta este producto.

Tabla 7. Humedad del Tratamiento 2 (Testigo con gastoxin)

| Nº Tratamiento | Repetición | Humedad |
|---------------------------|-------------------|--------------------------|
| 2 | 1 | 13.00 % |
| 2 | 2 | 12.30 % |
| 2 | 3 | 12.20 % |
| 2 | 4 | 12.60 % |
| 2 | 5 | 12.20 % |
| | | \bar{X} 12.46 % |

Elaborado por: El Autor.

En la Tabla 7 el promedio de humedad con el que ingresaron los granos de maíz fue de 12.46 %.

Tabla 8. Mortalidad de insectos Tratamiento 3 (11 ppm 10 minutos).

| Tratamiento | Repetición | Número de insectos ingresados | Insectos vivos al final | Insectos muertos al final | Porcentaje de Mortalidad |
|--------------------|-------------------|--|--|--|---|
| T3 | R1 | 20 | 11 | 9 | 45 % |
| T3 | R2 | 20 | 15 | 5 | 25 % |
| T3 | R3 | 20 | 18 | 2 | 10 % |
| T3 | R4 | 20 | 17 | 3 | 15 % |
| T3 | R5 | 20 | 17 | 3 | 15 % |
| | | | | | \bar{X} 22 % |

Elaborado por: El Autor.

En la Tabla 8 que corresponde al Tratamiento 3 (11 ppm durante 10 minutos), donde se aplicó Ozono el porcentaje de mortalidad general fue del 22 %, en la cual se pudo observar que en todas las repeticiones se

encontraron insectos muertos, siendo el porcentaje de mortalidad más bajo 10 % y el más alto 45 %.

Tabla 9. Humedad del Tratamiento 3 (11 ppm 10 minutos)

| Nº Tratamiento | Repetición | Humedad |
|---------------------------|-------------------|-------------------------------------|
| 3 | 1 | 12.30 % |
| 3 | 2 | 12.30 % |
| 3 | 3 | 12.40 % |
| 3 | 4 | 12.10 % |
| 3 | 5 | 12.10 % |
| | | \bar{X} 12.24 % |

Elaborado por: El Autor.

Como se indica en la Tabla 9 el promedio de humedad con que ingresó el grano antes de aplicar los Tratamientos fue de 12.24 %.

En la Tabla 10 que corresponde al Tratamiento 4 (11 ppm durante 20 minutos), donde se aplicó Ozono el porcentaje general de mortalidad incrementó en un 80 %, en la cual se pudo observar que en todas las repeticiones se encontraron insectos muertos, siendo el porcentaje de mortalidad más bajo 55 % y el más alto 100 %.

Tabla 10. Mortalidad de Insectos Tratamiento 4 (11 ppm 20 minutos).

| Tratamiento | Repetición | Número de insectos ingresados | Insectos vivos al final | Insectos muertos al final | Porcentaje de Mortalidad |
|-------------|------------|-------------------------------|-------------------------|---------------------------|--------------------------|
| T4 | R1 | 20 | 5 | 15 | 75 % |
| T4 | R2 | 20 | 5 | 15 | 75 % |
| T4 | R3 | 20 | 1 | 19 | 95 % |
| T4 | R4 | 20 | 9 | 11 | 55 % |
| T4 | R5 | 20 | 0 | 20 | 100 % |
| | | | | | \bar{X} 80 % |

Elaborado por: El Autor.

En la Tabla 11 el promedio de humedad con que ingresó el grano antes de aplicar los Tratamientos fue de 13.60 %.

Tabla 11. Humedad del Tratamiento 4 (11 ppm 20 minutos)

| Nº Tratamiento | Repetición | Humedad |
|----------------|------------|-------------------|
| 4 | 1 | 13.90 % |
| 4 | 2 | 13.10 % |
| 4 | 3 | 13.70 % |
| 4 | 4 | 13.70 % |
| 4 | 5 | 13.60 % |
| | | \bar{X} 13.60 % |

Elaborado por: El Autor.

Tabla 12. Mortalidad de Insectos Tratamiento 5 (11 ppm 30 minutos).

| Tratamiento | Repetición | Número de insectos ingresados | Insectos vivos al final | Insectos muertos al final | Porcentaje de Mortalidad |
|-------------|------------|-------------------------------|-------------------------|---------------------------|--------------------------|
| T5 | R1 | 20 | 0 | 20 | 100 % |
| T5 | R2 | 20 | 0 | 20 | 100 % |
| T5 | R3 | 20 | 0 | 20 | 100 % |
| T5 | R4 | 20 | 0 | 20 | 100 % |
| T5 | R5 | 20 | 0 | 20 | 100 % |
| | | | | | \bar{X} 100 % |

Elaborado por: El Autor.

En la Tabla 12 que corresponde al Tratamiento 5 (11 ppm durante 30 minutos), con la aplicación de Ozono el porcentaje general de mortalidad fue del 100 %, siendo este el tratamiento más eficaz para el control de esta plaga.

Tabla 13. Humedad del Tratamiento 5 (11 ppm 30 minutos)

| Nº Tratamiento | Repetición | Humedad |
|----------------|------------|-------------------|
| 5 | 1 | 12.60 % |
| 5 | 2 | 13.10 % |
| 5 | 3 | 11.00 % |
| 5 | 4 | 13.80 % |
| 5 | 5 | 12.80 % |
| | | \bar{X} 12.66 % |

Elaborado por: El Autor.

Como se indica en la Tabla 13 el promedio de humedad con que ingresó el grano antes de aplicar los tratamientos fue de 12.66 %.

4.1 Análisis de varianza

En la Tabla 14, se presenta el resultado del ANOVA de efectos fijos a un factor de clasificación, en el cual se determinó que, si $\alpha = 0.05$, donde el punto crítico que delimita la zona de aceptación y rechazo de H_0 es $F(4,20; 0.95) = 2.87$. Como $F = 92.87 > F_{crítica}$ se concluye, con un nivel de significación del 5%, que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

Tabla 14. Análisis de varianza para la variable mortalidad

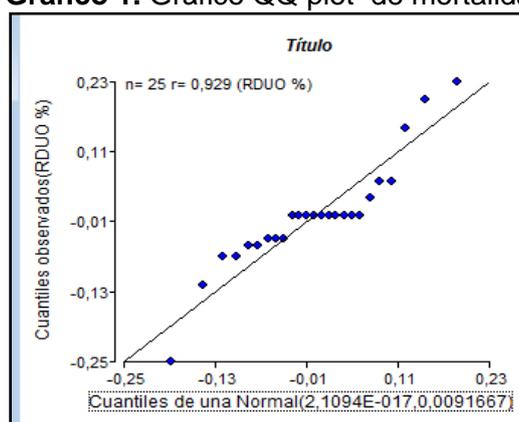
| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|--------------|----|----------------|-------------------|-------|
| % Mortalidad | 25 | 0.95 | 0.94 | 17.14 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | GI | CM | F | p-valor |
|-------------|------|----|------|-------|---------|
| Modelo | 4.09 | 4 | 1.02 | 92.87 | <0.0001 |
| Tratamiento | 4.09 | 4 | 1.02 | 92.87 | <0.0001 |
| Error | 0.22 | 20 | 0.01 | | |
| Total | 4.31 | 24 | | | |

Elaborado por: El Autor.

Gráfico 1. Gráfico QQ plot de mortalidad



Elaborado por: El Autor.

Como se observa en el Gráfico 1, se aplicó el análisis gráfico QQ-plot para evaluar el supuesto teórico que sustenta el Análisis de Varianza para prueba paramétrica sobre la normalidad de los residuos.

Tabla 15. Prueba Kruskal Wallis para % de mortalidad

| Prueba de Kruskal Wallis | | | | | | | |
|--------------------------|-------------|---|--------|------|----------|-------|--------|
| Variable | Tratamiento | N | Medias | D.E. | Medianas | H | P |
| %mortalidad | T1 | 5 | 0.04 | 0.05 | 0.00 | 20.50 | 0.0002 |
| %mortalidad | T2 | 5 | 1.00 | 0.00 | 1.00 | | |
| %mortalidad | T3 | 5 | 0.22 | 0.14 | 0.15 | | |
| %mortalidad | T4 | 5 | 0.80 | 0.18 | 0.75 | | |
| %mortalidad | T5 | 5 | 1.00 | 0.00 | 1.00 | | |

Elaborado por: El Autor.

El análisis gráfico de los residuos se pudiera sugerir una falta de ajuste a la distribución normal constituyendo una incumplimiento de uno de los supuestos teóricos que sustentan la prueba paramétrica de Análisis de varianza, por tal motivo en la Tabla 15, se observa la aplicación de la prueba no paramétrica de (Kruskal Wallis) para la comparación de los promedios de los tratamientos.

De igual manera la prueba no paramétrica evidencia el rechazo de la hipótesis nula de igualdad entre los promedios de los tratamientos, lo que confirma la robustez del ANOVA paramétrico inicialmente aplicado. Esto coincide con lo afirmado por Vásquez, Núñez y Herrera (2017, p. 108), donde mencionan que en el caso de variables de conteo por su naturaleza discreta pueden alejarse de la normalidad. Dichos autores señalan que dada la robustez de la prueba ANOVA en este método su incumplimiento no provoca grandes consecuencias en el análisis.

4.2 Prueba Tukey

Se realizó una Prueba de Tukey al 5 % con probabilidad estadística para conocer la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos.

Tabla 16. Prueba de Tukey en los diferentes Tratamientos.

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS= 0.19849

| Error: | 0.0110 | gl: | 20 | | |
|--------|--------|-----|------|---|---|
| TRAT | Medias | N | E.E | | |
| T1 | 0.04 | 5 | 0.05 | A | |
| T3 | 0.22 | 5 | 0.05 | A | |
| T4 | 0.80 | 5 | 0.05 | | B |
| T2 | 1.00 | 5 | 0.05 | | C |
| T5 | 1.00 | 5 | 0.05 | | C |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0.05$)

Elaborado por: El Autor.

El ordenamiento de las medias mediante las pruebas de Tukey indica el 100 % de mortalidad obtenido en T5 (11 ppm durante 30 minutos) y el T2 (Testigo Químico) no hay diferencias significativas entre ellos.

El T4 (11 ppm durante 20 minutos) difiere significativamente con el Tratamiento 5 (11 ppm durante 30 minutos) pero logra una mortalidad de los insectos inferior a estos aunque superior a los Tratamientos 1 (Testigo Absoluto) y T3 (11 ppm durante 10 minutos), estos últimos no diferentes entre sí.

En definitiva el experimento prueba que el Tratamiento 5 (11 ppm durante 30 minutos), es tan efectivo como el Tratamiento Químico, con la ventaja de su inocuidad para el ambiente y los operadores que manejan los silos.

4.3 Análisis Económico

En la Tabla 17 se indican los costos de la aplicación con Fosfuro de Aluminio (gastoxin) para un silo con capacidad de 1 000 toneladas, en el cual se utilizan 5 pastillas por tonelada de producto. El costo de los frascos en presentación de 500 pastillas es de USD 59.00. Para conocer el costo de cada pastilla de Fosfuro de Aluminio se realiza una división entre el costo del frasco de 500 pastillas y el número de pastillas que se usa por silo, obteniendo el resultado USD 0.118 ctvs/ cada pastilla.

Para conocer el costo por tonelada se multiplica el valor que tiene cada pastilla y la cantidad que se usan por cada tonelada, dando como resultado USD 0.59 el costo por tonelada. El costo de las pastillas de Fosfuro de Aluminio para un silo de 1 000 toneladas es de USD 590. 00. La fumigación la realizan 4 trabajadores en un lapso de 4 horas, teniendo un sueldo fijo por trabajador de USD 394. 00. El costo final de la fumigación para un silo de 1 000 toneladas es de USD 2 166 cada 3 meses que permanece el grano en los silo se hace una sola fumigación.

Tabla 17. Costo de fumigación con Fosfuro de Aluminio (gastoxin).

| Costo y cálculo de Aplicación | |
|--|-------------------|
| Dosificación recomendada por infestación | 5 |
| (Pastillas) | |
| Valor de pastilla | USD 0.118 |
| Costo por Tm | USD 0.59 |
| Capacidad silo (ton) | 1 000 ton |
| Costo por silo | USD 590.00 |
| Cálculo de mano de obra | |
| Sueldo | USD 394.00 |
| Resumen | |
| Costo de pastillas | USD 590.00 |
| Costo de mano de obra por silo (4 trabajadores) | USD 1 576 |
| Costo por silo | USD 2 166 |

Elaborado por: El Autor.

Tabla 18. Costo de fumigación con Ozono.

| Costo y cálculo de Aplicación | | |
|--|------------|---------------|
| Concentración recomendada por infestación (ppm) | | 100 ppm |
| Costo por Tm | USD | 0.011 |
| Valor de la máquina/ día | USD | 0.088 |
| Capacidad silo (ton) | | 1 000 ton |
| Costo por silo | USD | 88.00 |
| Cálculo de mano de obra | | |
| Sueldo | USD | 394.00 |
| Resumen | | |
| Costo de ozono | USD | 88.00 |
| Costo de mano de obra por silo (1 operador) | USD | 394.00 |
| Costo de aplicación por silo | USD | 482.00 |
| Costo total de 2 fumigaciones | USD | 964.00 |

Elaborado por: El Autor.

En la Tabla 18 se observa el costo de fumigación con Ozono (O₃), el cual es una simulación debido a que no se pueden tener costos reales ya que para ello se tienen que hacer las respectivas pruebas en un silo para conocer la dosis, la máquina generadora de O₃ a utilizar y el tiempo óptimo para tener mortalidad de los gorgojos. No se toma en cuenta el costo de la máquina porque se asume que ya se la adquirió antes. En la simulación encontramos que se utiliza una máquina de 1 000 g de O₃ con una concentración de 100 ppm, la aplicación es durante 8 horas para un silo de 1 000 toneladas, la cual se realizará dos veces.

El consumo de la máquina de Ozono es de 0.10 KV/hora, y el costo del Kw/h comercial en la planilla es USD 0.11, el cual multiplicado con el valor de Kw/h de la maquina equivale a USD 0.011 la hora, en un silo de 1 000 toneladas se aplica el Ozono durante 8 horas, lo cual nos da el costo por aplicación de USD 0.088 por tonelada. Como la capacidad del silo es para 1 000 toneladas el costo para una aplicación es de USD 88.00.

Para la aplicación de Ozono se requiere de un operador, el cual tiene un sueldo fijo de USD 394.00, cada 3 meses se hacen dos aplicaciones, a los 40 días de almacenado el grano y la siguiente aplicación a los 80 días del grano almacenado. El costo total de las dos aplicaciones es de USD 964.00.

5 DISCUSIÓN

De acuerdo a los resultados obtenidos en la investigación y confrontándonos con los trabajos de titulación afines realizados bajo otras condiciones se puede resaltar lo siguiente:

En la Tabla 4 se muestran los resultados para el Testigo Absoluto (T1), donde se hallaron 2 pares de insectos vivos (uno para R2 y uno para R3), posiblemente porque los insectos llegaron a su ciclo de vida final. Acorde a lo expuesto por Jara (2018, p. 11) en “Evaluación de tres dosis de fumigación con Fosfuro de Aluminio en almacenamiento de maíz (*Zea mays*) para controlar la incidencia de *Sitophilus* spp.”, en un lapso de 40 días tuvo una mortalidad en el Tratamiento Testigo del 17 – 25 %, justificando la muerte de los insectos con la culminación del ciclo vital propio del *Sitophilus zeamais*.

Las muestras sometidas al Tratamiento Químico (T2), bajo la aplicación de 2.86 g de gastoxin divididos para las 5 muestras, mostraron un 100 % de mortalidad en todas las repeticiones (como se observa en la Tabla 6) conforme a lo esperado y evidenciado en el mismo estudio mencionado, realizado por Jara (2018) con fumigaciones de Fosfuro de Aluminio en las siguientes dosificaciones: baja (780.76 ppm), media (1 088.33 ppm) y alta concentración (3 780.52 ppm), no se encontró alguna diferencia significativa, obteniendo una efectividad del 100 % sobre *Sitophilus* spp. en granos de maíz almacenado.

Para T3, T4 y T5 con aplicaciones de 11 ppm de Ozono (O₃) en tres tiempos de 10, 20 y 30 minutos respectivamente, se obtuvieron diferentes rangos de mortalidad. Siendo T5 quien presentó resultados superiores (con un 100 % de insectos muertos) sobre T3 y T4 (con 22 % y 80 % respectivamente). Esto se ajusta a las observaciones de Tiwari et al., (2010) en su estudio “Aplicación del Ozono en el procesamiento de granos”, donde

discuten sobre el efecto nocivo del Ozono en el tracto respiratorio como la principal causa de la mortalidad del gorgojo de la harina (*Tribolium castaneum*).

Los resultados obtenidos de mortalidad al 100 % en 30 minutos (para el Tratamiento 5, con 11 ppm) presentan similitudes con los de Kells, Mason y Maier (2001); Rozado, Faroni, Urruchi, Guedes y Padres, (2008); Bonjour et al., (2011) y Keivanloo, Namaghi y Khodaparast, (2014); quienes demostraron la efectividad del Ozono sobre *P. interpunctella*, *T. castaneum*, *S. zeamais*, *S. oryzae*, *Rhyzopertha dominica* F. y *O. surinamensis*, a diferentes concentraciones de Ozono, que iban desde los 5 a 95 ppm y exposiciones prolongadas en el rango de 30 minutos a 96 horas, obteniendo entre el 50 % a 100 % de insectos muertos.

El nivel de exposición que presentaba *Sitophilus zeamais* al Ozono, también influía de manera directa sobre su respuesta; ya que aquellos que se encontraban en la superficie, morían dentro de los 30 minutos de aplicación del Ozono, siendo el periodo de espera necesario para quienes se encontraban ocultos entre los granos de maíz.

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

- El Tratamiento 5 con una concentración de 11 ppm de Ozono y 30 minutos de exposición fue el que obtuvo un 100 % de mortalidad.
- Con relación al tiempo de exposición el Tratamiento 5 con una concentración de Ozono de 11 ppm 30 minutos tuvo un 100 % de mortalidad, mientras que el T4 con 20 minutos obtuvo un 80 % y el T3 con 10 minutos un 22 % de mortalidad.
- De acuerdo los costos evaluados la aplicación con Ozono representa un valor superior de ahorro del 55 % con relación al manejo convencional utilizando el Fosforo de Aluminio (gastoxin), sin considerar los beneficios ambientales, así como también el reducir a 0 los riesgos laborables.

6.2 Recomendaciones

- Realizar pruebas en condiciones de silo de almacenamiento, para constatar que tengan el mismo efecto en cuanto a la mortalidad del (*Sitophilus zeamais*) como la obtenida en el experimento aplicado.
- Comprobar su eficiencia en otros insectos plagas que desmejoran a los granos almacenados como: arroz, trigo, cebada, soya.
- Hacer pruebas con Ozono en granos almacenados de forma industrial para evitar residuos tóxicos que afectan al ser humano y al medio ambiente.

BIBLIOGRAFÍA

- Abadia, B., y Bartosik, R. (2013). *Manual de Buenas Prácticas en Poscosecha de Granos*. INTA. CABA. Recuperado de https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_manual_de_buenas_practicas_en_poscosecha_de_granos_reglon_48-2.pdf
- Acosta, R. (2009). El cultivo del maíz, su origen y clasificación. El maíz en cuba. *Cultivos Tropicales*, 30 (2), 113-120.
- Barrillas, B., y Rivera, J. (2008). *Evaluación de la actividad insecticida, repelente y disuasiva alimentaria del extracto etanolico obtenido a partir de la semilla de Annona diversifolia (anona) sobre el Sitophilus zeamais, Motschulsky (gorgojo del maíz)*. (Tesis de pregrado). Universidad de El Salvador. San Salvador, El Salvador.
- Basantes, E. (2015). *Manejo de cultivos andinos del Ecuador*. Obtenido de Comisión Editorial de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/10163/4/Manejo%20Cultivos%20Ecuador.pdf>
- Bastida, L. (2016). *Evaluación de extractos vegetales como una Alternativa de Control para el Picudo de maíz (Sitophilus zeamais Motschulsky)*. (Tesis de pregrado). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Coahuila, México.
- Bermejo, V., Alonso, R., Elvira, S., Rabago, I., y García. (2009). El ozono troposférico y sus efectos en la vegetación. *Madrid*. p.9. Recuperado de https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/Ozono_tcm30-188049.pdf

- Blanco, Y., Durañona, H., y Acosta, R. (2016). Efecto de la temperatura y la humedad en la conservación de granos de maíz en silos metálicos refrigerados. *Cultivos Tropicales*, 37(4), 105-114.
- Bonjour, E., Opit, G., Hardin, J., Jones, C., Payton, M., y Beeby, R. (2011). Efficacy of ozone fumigation against the major grain pests in stored wheat. *Journal of Economic Entomology*, 104 (1): 308-316. DOI: <https://doi.org/10.1603/EC10200>
- Bourne, L., Wong, F., Borboa, J., y Cinco. (2014). Daños causados por el barrenador mayor de los granos *Prostephanus truncatus* (Horn)(Coleoptera: bostrichidae) en maíz y ramas de plantas silvestres. *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente*, 20(1), 63-75.
- Cardoso, F., Da Silva, P., Queiroga, V., Figueiredo, A., Cárdenas, N., y Rojas, A. (2014). Eficiencia de extractos vegetales como insecticida sobre *Sitophilus zeamais* en granos de maíz almacenados. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 23(2), 57-62.
- Carvajal, H., Arancibia, B., Leño, E., y Estrada, O. (2015). Intoxicación aguda severa por plaguicida tipo fumigante del fosforo de aluminio hospital santa bárbara, 2014 a propósito de un caso clínico. *Revista de Investigación e Información en Salud*, 10, 43-53.
- Casini, C., y Santajuliana, M. (2008). Control de plagas en granos almacenados. *INTA EEA Manfredi*. Recuperado de <http://www.cosechaypostcosecha.org/data/articulos/postcosecha/ControlPlagasGranosAlmacenados.asp>

Chávez, G., Valdés, Ma.E., Hernández, M., Gutiérrez, M., y Valladares, M. (2016). Aceites esenciales para controlar *Acanthoscelides obtectus* (SAY) y *Sitophilus zeamais* (MOTSCHULSKY) plagas de granos almacenados. *Revista Mexicana de Agroecosistemas Vol. 3(2)*: 99-107.

de Sousa, G., y Conte, H. (2013). Midgut morphophysiology in *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1855 (Coleoptera: Curculionidae). *Micron*, 51, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.micron.2013.06.001>

Diario El Comercio. (2018). Caña de azúcar y maíz lideraron en el 2017. Recuperado de <https://www.elcomercio.com/actualidad/canadeazucar-maiz-cultivos-encuesta-inec.html>

Dirección de Monitoreo Atmosférico. (2016). *¿Qué es el ozono?* Recuperado de <http://www.aire.cdmx.gob.mx/descargas/noticias/que-es-ozono/que-es-ozono.pdf>

Duso, C., Malagnini, V., Pozzebon, A., Castagnoli, M., Liguori, M., y Simoni, S. (2008). Comparative toxicity of botanical and reduced-risk insecticides to Mediterranean populations of *Tetranychus urticae* and *Phytoseiulus persimilis* (Acari Tetranychidae, Phytoseiidae). *Biological Control*, 47(1), 16-21. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2008.06.011>

El productor. (2018). Rendimiento nacional del cultivo de maíz duro seco 2017. Recuperado de <https://elproductor.com/estadisticas-agropecuarias/rendimiento-nacional-del-cultivo-de-maiz-duro-seco-2017/#>

García, C., Bautista, N., y González, M. (2009). Principales plagas de granos almacenados. *Tecnologías de granos y semillas*, 85-107. Universidad Autónoma Indígena De México. Recuperado de <https://www.repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/123456789/16693/1/TECNOLOGIAS%20DE%20GRANOS%20Y%20SEMILLAS.pdf#page=95>:

García, D. (2009). *Evaluación de insecticidas de cuatro grupos toxicológicos para el control de Sitophilus zeamais* Motschulsky. (Tesis de pregrado). Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”. Coahuila, México.

García, S., Espinosa, C., y Bergvinson. (2007). *Manual de plagas en granos almacenados y tecnologías alternativas para su manejo y control*. Obtenido de CIMMYT.

Gómez, L. (2009). Control Biológico en almacenamiento, un aporte para disminuir el hambre en el mundo. CORANTIOQUIA. Recuperado de <http://www.socla.co/wp-content/uploads/2014/LilliamGomez.pdf>

Grande, C., y Orozco, B. (2013). Producción y procesamiento del maíz en Colombia. *Revista Científica Guillermo de Ockham*, 11(1), 97-110.

Greiffenstein, A. (1997). *Manual sobre administración de bodegas de alimentos*. Recuperado de <https://coin.fao.org/coin-static/cms/media/20/13950925849400/c12.pdf>

Guacho, E. (2014). *Caracterización agro-morfológica del maíz (Zea mays L.) de la localidad San José de chazo*. (Tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.

- Hernández, C., Rodríguez, Y., Niño, Z., y Pérez, S. (2009). Efecto del Almacenamiento de Granos de Maíz (*Zea mays*) sobre la Calidad del Aceite Extraído. *Información tecnológica*, 20(4), 21-30.
- Hernández, J., y Puentes, L. (2012). *Manejo Postcosecha de Granos a nivel del Pequeño Agricultor*. Recuperado de <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/3679/1/086.pdf>
- Hincapié, C., Lopera, D., y Ceballos, M. (2008). Actividad insecticida de extractos de semilla de *Annona muricata* (Anonaceae) sobre *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). *Revista Colombiana de Entomología*, 34(1), 76-82.
- Jara, F. (2018). *Evaluación de tres dosis de fumigación con fosforo de aluminio en almacenamiento de maíz (Zea Mays) para controlar la incidencia de Sitophilus spp.* (Tesis de pregrado). Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.
- Jaramillo, M. (2012). *Evaluación del rendimiento de tres variedades de Maíz (Zea maíz), con dos distancias de siembra, en la Parroquia Zumba, Cantón Chinchipe, Provincia de Zamora Chinchipe*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador.
- Keivanloo, E., Namaghi, H., y Khodaparast, M. (2014). Effects of low ozone concentrations and short exposure time on the mortality of immature stages of the Indian meal moth, *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Plant Protection Research*, 54 (3): 267-271. DOI: 10.2478/jppr-2014-0040
- Kells, S., Mason, L., Maier, D. (2001). Eficacia y Características CP fumigación de ozono en el maíz almacenado. *Revista de Investigación de los Productos Guardado*, 37, 371- 383.

- Llerena, Á., Castaño, R., y Joaquín, C. (2015). Relación De La Concentración Y Frecuencia De Aplicación De Ozono Con El Nivel De Daño De La Sigatoka Negra En Banano. Diseño De Un Protocolo De Riego Con Agua Ozonificada. *Alternativas*, 16(2), 66–75.
- Medrano, M. (2000). *Evaluación de tres productos orgánicos par el control de gorgojo del Maíz Sitophilus Zeamais M, en granos almacenados; en el municipio de chiquimula, departamento de chiquimula*. (Tesis de pregrado). Universidad de San Carlos de Guatemala, Chiquimula, Guatemala.
- Mera, A., y Montaña, C. (2015). *Evaluación de Arreglos Espaciales y Densidades Poblacionales en Híbridos de Maíz Comercial en Zonas de Bosque Tropical Seco durante la Época Lluviosa*. (Tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador.
- Mira, Y. (2011). *Efecto del ozono O₃ sobre adultos de Zabrotes subfasciatus (Bohemann) y granos de frijol común*. (Tesis de Diploma). Universidad Central “Marta Abreu “de las Villas.
- Morocho, J. (2016). *“Plan de operación y manejo del centro de recepción, secado y limpieza de maíz para la asociación de productores agropecuarios juntos por un futuro mejor del cantón Pindal, de la provincia de Loja”* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador.
- Ojo, J., y Omoloye, A. (2016). Development and life history of *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) on cereal crops. *Advances in Agriculture*, 2016, 8. <http://dx.doi.org/10.1155/2016/7836379>

- Ortas, L. (2008). El cultivo del maíz: fisiología y aspectos generales. *Agrigan S.A.* Recuperado de <https://rdu-demo.unc.edu.ar/bitstream/handle/123456789/703/Agrigan%20bolet%C3%ADn%207.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ospina, J. (2015). *Manual Técnico del Cultivo de Maíz bajo buenas Prácticas Agrícolas.* Recuperado de <https://conectarural.org/sitio/sites/default/files/documentos/MANUAL%20DEL%20CULTIVO%20DE%20%20MAIZ.pdf>
- Padilla, O. (2015). *Metodologías de tratamiento del gorgojo Sitophilus zeamais en maíz almacenado, como un aporte al manejo agroecológico de plagas.* (Tesis de maestría). Universidad Politécnica Salesiana, Quito, Ecuador.
- Paucar, C., y Angélica, R. (2011). *Evaluación del comportamiento agronómico de cinco híbridos triples promisorios de maíz amarillo duro (Zea mays. l) y tres híbridos comerciales en la época lluviosa en la zona de Quevedo y Balzar.* (Tesis de pregrado). Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. UTC, Latacunga, Ecuador.
- Peña, J. (2011). *Evaluación de la producción de chilote en el cultivo de maíz (Zea mays L.) variedad HS-5G utilizando sustratos mejorados y determinación de los coeficientes " Kc" y" Ky", bajo riego.* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua.
- Ramírez, J., y Sáinz, R. (2012). El ozono en la agricultura y el bienestar. Universidad autónoma de Sinaloa, Mexico DF. Recuperado de http://gewatersystemscorp.com/uploads/3/4/1/6/34167592/el_ozono_e_n_la_agricultura_y_el_bienestar.pdf

- Robledo, E. (1986). Insectos y ácaros y almacén. *IPA La Platina* N^o, 36, 65-72.
- Rozado, A., Faroni, L., Urruchi, W., Guedes, R., y Paes, J. (2008). Ozone application against *Sitophilus zeamais* and *Tribolium castaneum* on stored maize. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 12 (3): 282-285.
- Salazar, D., Cuichán, M., Ballesteros, C., Márquez, J., y Orbe, D. (2017). Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua. Recuperado de http://www.aebe.com.ec/wp-content/uploads/2018/06/ESTUDIO_AGROPECUARIO_INEC_2017.pdf
- Solano, Y., Triana, J., Ávila, R., Hernández, D., y Morales, J. (2017). Efecto del ozono sobre adultos del gorgojo del cigarrillo *Lasioderma serricorne* (F.)(Coleoptera: Anobiidae). *Idesia (Arica)*, 35(2), 41-47.
- Tapia, O. (2013). *Control orgánico del gorgojo del maíz (Sitophilus zeamais), en semillas almacenadas de Chulpi (Zea mays var rugosa) con ajeno "Santa María"(Parthenium hysterophorus) y romero (Rosmarinus officinalis)*. (Tesis de pregrado). Universidad Politécnica Salesiana, Quito, Ecuador.
- Tecnozono. (2015). Ozono. Portal de medio ambiente. Recuperado de <http://www.tecnazono.com/ozono/>
- Tiwari, B., Brennan, C., Curran, T., Gallagher, E., Cullen, P., y O'Donnell, C., (2010). Application of ozone in grain processing. *Journal of Cereal Science*, 51, 248-255. DOI: 10.1016/j.jcs.2010.01.007

- Toledo, B. (2017). *Evaluación agronómica de dos híbridos de maíz (Zea mays L.) en condición de siembras comerciales, en la granja experimental "Limoncito", en época lluviosa.* (Tesis de pregrado). Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.
- TopOzono. (s/f). Ozono en el control de plagas de granos almacenados. Recuperado de <http://www.topozono.com/MegaArchivos/Tratamiento%20CONTROL%20PLAGAS%20GRANOS%20ALMACENADOS.pdf>
- Torres, A., Esparza, B., González, C., y Torres, R. (2016). Plagas de granos almacenados. *Artrópodos y Salud*. 6(2), 27-32.
- Torres, C., Silva, G., Tapia, M., Rodríguez, J., Urbina, A., Figueroa, I.,..... Aguilar, S. (2015). Propiedades insecticidas del polvo de *Laurelia sempervirens* L. para el control de *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 14(1), 48-59.
- Valarezo, P. (2017). *Evaluación de tres híbridos de maíz (Zea mays L.) con tres distancias de siembra.* (Tesis de pregrado). Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.
- Vásquez, E., Núñez, A., y Herrera, M. (2017). Transformación de variables binomiales para su análisis según un diseño de bloques al azar. *Cultivos Tropicales*, vol. 38, no. 1, pp. 108-114.
- Vidales, M. (1991). *Plantas tropicales en el control del gorgojo zeamais mots,(Coleoptera: curculionidae) en maíz almacenado* . (Tesis Doctoral). Universidad Autónoma de Nueva León.

Anexos

Anexo 1. Pesaje de los granos



Elaborado por: El Autor.

Anexo 2. Maquina medidora de humedad



Elaborado por: El Autor.

Anexo 3. Toma de humedad de los granos



Elaborado por: El Autor.

Anexo 4. Ingreso de los gorgojos a los frascos



Elaborado por: El Autor.

Anexo 5. Aplicación del ozono



Elaborado por: El Autor.

Anexo 6. Aplicación de ozono 11 ppm 20 minutos



Elaborado por: El Autor.

Anexo 7. Colocación de la cinta de tela para tapar los orificios.



Elaborado por: El Autor.

Anexo 8. Frascos con aplicación de ozono



Elaborado por: El Autor.

Anexo 9. Ingreso de la pastilla gastoxin a los frascos



Elaborado por: El Autor.

Anexo 10. Accionar del gastoxin



Elaborado por: El Autor.

Anexo 11. Frascos con gastoxin luego de las 48 horas



Elaborado por: El Autor

Anexo 12. Uso de la zaranda para evaluar la mortalidad



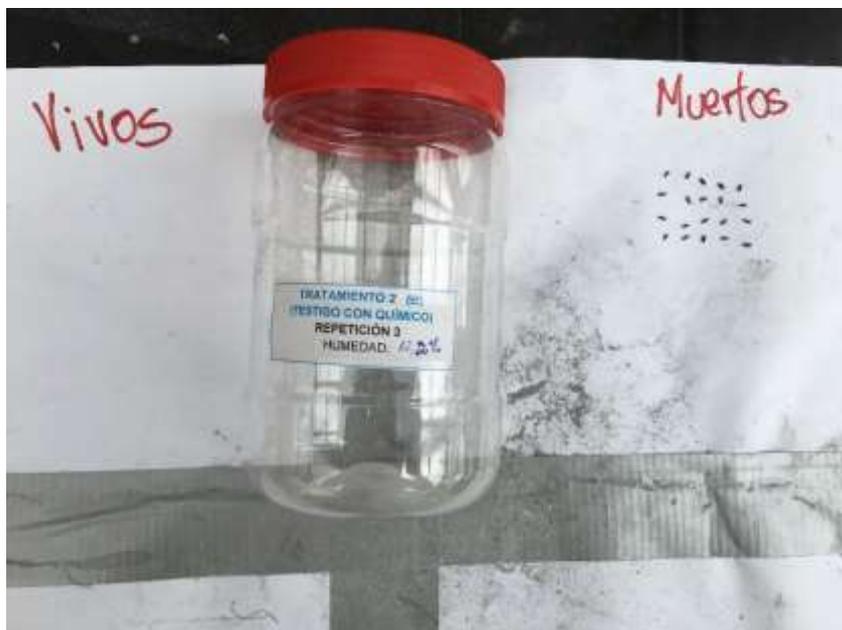
Elaborado por: El Autor

Anexo 13. Mortalidad de gorgojos



Elaborado por: El Autor.

Anexo 14. Revisión de mortalidad del gastoxin



Elaborado por: El Autor.

Anexo 15. Mortalidad de los gorgojos



Elaborado por: El Autor.

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Vaca Chiriguayo, Andrés Fernando** con C.C: # **0926265299** autor del trabajo de titulación: **Evaluación del efecto del Ozono (O₃) en el control del gorgojo (*Sitophilus zeamais*) en granos almacenados**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Agropecuario** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 09 de septiembre del 2019

Nombre: **Vaca Chiriguayo, Andrés Fernando**

C.C: **0926265299**



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

| | | | |
|---|---|-----------------------------------|----|
| TEMA Y SUBTEMA: | Evaluación del efecto del Ozono (O ₃) en el control del gorgojo (<i>Sitophilus zeamais</i>) en granos almacenados. | | |
| AUTOR(ES) | Andrés Fernando Vaca Chiriguayo | | |
| REVISOR(ES)/TUTOR(ES) | Ing. Donoso Bruque, Manuel Enrique, M.Sc. | | |
| INSTITUCIÓN: | Universidad Católica de Santiago de Guayaquil | | |
| FACULTAD: | Educación Técnica para el Desarrollo | | |
| CARRERA: | Ingeniería Agropecuaria | | |
| TÍTULO OBTENIDO: | Ingeniero Agropecuario | | |
| FECHA DE PUBLICACIÓN: | 09 de septiembre del 2019 | No. DE PÁGINAS: | 76 |
| ÁREAS TEMÁTICAS: | Maíz, mortalidad, Coleóptero. | | |
| PALABRAS CLAVES/KEYWORDS: | Granos almacenados; insecto plaga; mortalidad; ozono; silo; <i>Sitophilus zeamais</i> . | | |
| RESUMEN/ABSTRACT: | <p>Este estudio evaluó el efecto del Ozono (O₃) en el control del gorgojo (<i>Sitophilus zeamais</i>) en granos almacenados. Para su control se han utilizado plaguicidas gasificantes sintéticos dejando residuos tóxicos dañinos para la salud. Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar los diferentes tiempos de exposición del Ozono en granos almacenados. El experimento se realizó en el Invernadero de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. El diseño experimental utilizado en la investigación fue completamente al azar, con 5 tratamientos y 5 repeticiones, de los cuales fueron T1 (Testigo Absoluto), T2 (Testigo Químico con Fosfuro de Aluminio), T3 (11 ppm durante 10 minutos), T4 (11 ppm durante 20 minutos) y T5 (11 ppm durante 30 minutos). La variable estudiada fue la mortalidad, la cual se revisó a las 48 horas de haber aplicado los tratamientos, estas variables fueron analizadas mediante el ANOVA (Análisis de varianza) y una prueba a posteriori de Tukey. Los resultados detectaron un 100 % de mortalidad en el T2 (Testigo Químico) y el T5 (11 ppm durante 30 minutos de aplicación). Cabe recalcar que el T5 con aplicación de Ozono causó la mortalidad en los insectos sin afectar la calidad de los granos tratados y además no provocaron daños al medio ambiente, siendo ésta una alternativa orgánica para el control del gorgojo del maíz <i>Sitophilus zeamais</i>.</p> | | |
| ADJUNTO PDF: | <input checked="" type="checkbox"/> SI | <input type="checkbox"/> NO | |
| CONTACTO CON AUTOR/ES: | Teléfono: +593-989778160 | E-mail: andres_vaca01@hotmail.com | |
| CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE):: | Nombre: Ing. Noelia Caicedo Coello, M.Sc. | | |
| | Teléfono: +593 987361675 | | |
| | noelia.caicedo@cu.ucsg.edu.ec | | |
| SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA | | | |
| Nº. DE REGISTRO (en base a datos): | | | |
| Nº. DE CLASIFICACIÓN: | | | |
| DIRECCIÓN URL (tesis en la web): | | | |