



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

“EVALUACIÓN DEL EFECTO DE OZONO (O₃) EN EL CONTROL DE GORGOJO *Pagiocerus frontalis* (F.), EN GRANOS ALMACENADOS DE MAÍZ SUAVE (*Zea mays* L.) EN LA PROVINCIA COTOPAXI, CAMPUS EXPERIMENTAL SALACHE, PROYECTO GRANOS ANDINOS 2020”.

Proyecto de Investigación Presentado Previo a la Obtención del Título de
Ingeniero Agrónomo

Autor:

Cevallos Taxi Samuel Federico.

Tutor:

Ing. Rivera Moreno Marco Antonio Mg.

Latacunga – Ecuador

Febrero - 2020

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, **Samuel Federico Cevallos Taxi**, con **C.C. 172750110-6**, declaro ser autor del presente proyecto de investigación: **“EVALUACIÓN DEL EFECTO DE OZONO (O₃) EN EL CONTROL DE GORGOJO *Pagiocerus frontalis* (F.), EN GRANOS ALMACENADOS DE MAÍZ SUAVE (*Zea mays* L.) EN LA PROVINCIA COTOPAXI, CAMPUS EXPERIMENTAL SALACHE, PROYECTO GRANOS ANDINOS 2020”**, siendo **Ing. Marco Antonio Rivera Moreno Mg.**, tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

.....
Cevallos Taxi Samuel Federico
C.C.: 172750110-6

.....
Ing. Rivera Moreno Marco Antonio Mg.
C.C.: 050151895-5

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte Cevallos Taxi Samuel Federico, identificado con C.C. N° 172750110-6, de estado civil soltero y con domicilio en Alóag, a quien en lo sucesivo se denominará **LA/EL CEDENTE**; y, de otra parte, el Ing. MBA. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez Barrio El Ejido Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA.- LA/EL CEDENTE es una persona natural estudiante de la carrera de **INGENIERÍA AGRONÓMICA**, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **“EVALUACIÓN DEL EFECTO DE OZONO (O₃) EN EL CONTROL DE GORGOJO *Pagiocerus frontalis* (F.), EN GRANOS ALMACENADOS DE MAÍZ SUAVE (*Zea mays* L.) EN LA PROVINCIA COTOPAXI, CAMPUS EXPERIMENTAL SALACHE, PROYECTO GRANOS ANDINOS 2020”**, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad según las características que a continuación se detallan:

Historial académico.- (Abril 2015 – Febrero 2020).

Aprobación C.D.- 15 de Noviembre 2019.

Tutor.- Ing. Rivera Moreno Marco Antonio Mg.

Tema: “Evaluación del efecto de ozono (O₃) en el control de gorgojo *Pagiocerus frontalis* (F.), en granos almacenados de maíz suave (*Zea mays* L.), en la Provincia Cotopaxi, Campus Experimental Salache, Proyecto Granos Andinos 2020”.

CLÁUSULA SEGUNDA.- LA CESIONARIA es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA.- Por el presente contrato, **LA/EL CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA.- OBJETO DEL CONTRATO: Por el presente contrato **LA/EL CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- f) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA.- El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LA/EL CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA.- El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA.- CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD.- Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **LA/EL CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA.- LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS.- **LA CESIONARIA** podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LA/EL CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA.- El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en las cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA.- En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA.- Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare. En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 12 días del mes de febrero del 2020.

.....

Cevallos Taxi Samuel Federico

C.C.: 172750110-6

EL CEDENTE

Ing. MBA. Cristian Tinajero Jiménez

EL CESIONARIO

Latacunga, 07 de febrero del 2020

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Proyecto de Investigación con el título:

“Evaluación del efecto de ozono (O₃) en el control de gorgojo *Pagiocerus frontalis* (F.), en granos almacenados de maíz suave (*Zea mays* L.), en la Provincia Cotopaxi, Campus Experimental Salache, Proyecto Granos Andinos 2020”, de Cevallos Taxi Samuel Federico, de la Carrera de Ingeniería Agronómica, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.

.....
Ing. Rivera Moreno Marco Antonio Mg.

C.C.: 050151895-5

AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Lectores del Proyecto de Investigación con el título:

“Evaluación del efecto de ozono (O₃) en el control de gorgojo *Pagiocerus frontalis* (F.), en granos almacenados de maíz suave (*Zea mays* L.), en la Provincia Cotopaxi, Campus Experimental Salache, Proyecto Granos Andinos 2020”, de Cevallos Taxi Samuel Federico, de la Carrera de Ingeniería Agronómica, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.

Lector 1 (Presidente/a)

Ing. Guadalupe de las Mercedes López Castillo Mg.
CC: 180190290-7

Lector 2

Ing. Francisco Hernán Chancusig Mg.
CC: 050188392-0

Lector 3 (Secretario/a)

Ing. Giovana Paulina Parra Gallardo Mg.
CC: 080226703-7

AGRADECIMIENTO

Expreso mi más sincero agradecimiento a Dios, por haberme dado salud y con ello se vuelva posible alcanzar un logro más en mi vida, uno muy importante de los muchos que aún me quedan por cumplir.

De todo corazón, a mi madre por el incondicional apoyo que día a día me brinda, ese esfuerzo se refleja en una meta que juntos cumplimos en tan célebre universidad, a mis hermanos que siempre están a mi lado alentándome, muchas gracias son mi ejemplo de superación.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi y Facultad de “CAREN”, quienes me recibieron encarecidamente, gracias por la oportunidad de desarrollo personal y profesional.

Muchas gracias, Proyecto “Granos Andinos”, por brindarme la infraestructura y equipos necesarios para desarrollar mi trabajo investigativo.

Al Ing. Marco Rivera, tutor de mi trabajo de investigación, quien me brindó su total confianza para culminar con la tesis.

Ing. Guadalupe López, muchas gracias por su tiempo y enseñanzas en el transcurso de esta provechosa investigación.

A la Ing. Giovana Parra e Ing. Francisco Chancusig, por la buena disposición y ayuda en mi proyecto.

A todos mis Profesores, muchas gracias por compartir de sus conocimientos y consejos que han sido de mucha ayuda en mi preparación académica.

Gracias, a mis amigos y compañeros que han estado en los buenos y malos momentos, hemos compartido experiencias y consejos que se los lleva en el corazón.

DEDICATORIA

A Dios, siempre está a mi lado guiándome por buen camino.

A mi familia, fortaleza, ejemplo de superación y pilar indispensable de cada paso en mi vida.

Samuel F. Cevallos T.

“EVALUACIÓN DEL EFECTO DE OZONO (O₃) EN EL CONTROL DE GORGOJO *Pagiocerus frontalis* (F.), EN GRANOS ALMACENADOS DE MAÍZ SUAVE (*Zea mays* L.) EN LA PROVINCIA COTOPAXI, CAMPUS EXPERIMENTAL SALACHE, PROYECTO GRANOS ANDINOS 2020”.

RESUMEN

El estudio evaluó el efecto del ozono en el control de adultos del gorgojo *Pagiocerus frontalis* (F.) en maíz almacenado. Para minimizar pérdidas económicas ocasionadas por esta plaga; los agricultores recurren al uso de insecticidas a base de Fosforo de Aluminio; el cual, deja residuos de fosfina que afecta la salud humana y animal. Debido a esto, el objetivo de la investigación consistió en evaluar la mortalidad de *Pagiocerus frontalis* (F.) y el porcentaje de germinación de semillas de maíz, expuestos a diferentes tiempos en ozono. El trabajo fue realizado en el laboratorio de “Granos Andinos” de la Universidad Técnica de Cotopaxi. Se aplicó un (DBCA) con arreglo factorial AxB+C con tres repeticiones, donde el factor (A) representó la condición de desarrollo de la plaga (300 g de maíz y sin maíz), el factor (B) comprendió tres tiempos de exposición a ozono, más un testigo relativo (Fosforo de Aluminio) y un testigo absoluto. Se incorporaron 30 adultos del gorgojo en todos los tratamientos y se aplicó ozono a una concentración de 0.12 mg/L, durante 20, 30 y 40 minutos. Las variables en estudio fueron la mortalidad del gorgojo luego de 48 horas y germinación del maíz después de 7 días de finalizar los tratamientos; estas variables se analizaron en el programa InfoStat, tras obtener en el ADEVA resultados estadísticamente significativos, se aplicó la prueba de Tukey al 5 % para la comparación de rangos. En el factor (A), los porcentajes de mortalidad (100 %) fue para aquellos gorgojos (sin maíz) y para los que tenían 300 g de maíz (51,1 %). En el factor (B) la mortalidad más alta fue (92,2 %) a los 40 minutos y la más baja a los 20 minutos (55.5 %). La interacción AxB, presentó (100 %) de mortalidad para los insectos sin maíz T4 (20 min), T5 (30 min) y T6 (40 min); en comparación a los que se encontraban en maíz T3 (40 min) obtuvo el mayor número de insectos muertos (84 %). El ozono no causó efectos en el porcentaje de germinación de semillas de maíz, T3 (40 minutos) logró mayor germinación (93,3 %). El ozono mostró efecto insecticida contra adultos de *Pagiocerus frontalis* (F.); por lo que, puede ser usado en el manejo de esta plaga en granos de maíz almacenado y no afecta la germinación de esta semilla.

Palabras clave: *Pagiocerus frontalis* (F.), maíz, ozono, mortalidad, germinación.

“EVALUATION OF THE OZONE EFFECT (O₃) IN THE CONTROL OF GORGOJO *Pagiocerus frontalis* (F.), IN STORED GRAINS OF SOFT CORN (*Zea mays* L.) IN THE PROVINCE COTOPAXI, CAMPUS EXPERIMENTAL SALACHE, PROJECT ANDEAN GRAINS 2020”.

ABSTRACT

The study evaluated the effect of ozone on adult control of *Pagiocerus frontalis* (F.) weevil in stored corn. In order to minimize economic losses caused by this pest, farmers resort to the use of insecticides based on Aluminum Phosphide which leaves phosphine residues that affect human and animal health. Due to this, the objective of the investigation was to evaluate the mortality of *Pagiocerus frontalis* (F.) and the percentage of germination of corn seeds, exposed to different times in ozone. The work was carried out in the "Andean Grains" laboratory of the Technical University of Cotopaxi. A (DBCA) with factorial arrangement AxB+C was applied for three repetitions where factor (A) represented the pest development condition (300 g of corn and without corn), factor (B) comprised three exposure times to ozone plus a relative control (Aluminum Phosphide) and an absolute control. 30 adults of the weevil were incorporated in all treatments and ozone was applied at a concentration of 0.12 mg/L for 20, 30 and 40 minutes. The variables studied were the mortality of the weevil after 48 hours and germination of the corn after 7 days of finishing the treatments. These variables were analyzed in the InfoStat program, after obtaining statistically significant results in the ADEVA. The Tukey test was applied to the 5 % for the comparison of ranges. In factor (A), the mortality rates (100 %) were for those weevils (without corn) and for those which had 300 g of corn (51.1 %). In factor (B) was the highest mortality (92.2 %) at 40 minutes and the lowest at 20 minutes (55.5 %). The AxB interaction presented (100 %) mortality for insects without corn T4 (20 min), T5 (30 min) and T6 (40 min) compared to those found in T3 corn (40 min). It obtained the highest number of dead insects (84 %). Ozone did not cause effects on the germination percentage of corn seeds, T3 (40 minutes) achieved greater germination (93.3 %). Ozone showed an insecticidal effect against adults of *Pagiocerus frontalis* (F.). Therefore, it can be used in the management of this pest in stored corn kernels and does not affect the germination of this seed.

Keywords: *Pagiocerus frontalis* (F.), corn, ozone, mortality, germination.

ÍNDICE.

1.	JUSIFICACIÓN.....	1
2.	BENEFICIARIOS DEL PROYECTO.....	2
3.	PROBLEMÁTICA	3
4.	OBJETIVOS	5
4.1.	Objetivo general:.....	5
4.2.	Objetivos Específicos:	5
5.	REVISIÓN DE LITERATURA.	7
5.1.	Maíz.	7
5.1.1.	Generalidades del maíz.	7
5.1.2.	Importancia del maíz en Ecuador.	7
5.1.3.	Producción de Maíz en Ecuador.	8
5.1.4.	Poscosecha de maíz.	8
5.1.5.	Principales plagas del maíz almacenado.	12
5.2.	Gorgojo del maíz.	14
5.2.1.	Generalidades.	14
5.2.2.	Origen y Distribución.	14
5.2.3.	Clasificación Taxonómica.	15
5.2.4.	Descripción Morfológica.	15
5.2.5.	Ciclo biológico.	15
5.2.6.	Comportamiento de la Plaga.	16
5.2.7.	Daños Directos e Indirectos.	17
5.2.8.	Métodos de control.	17
5.3.	Ozono.....	20
5.3.1.	Generalidades del ozono.	20
5.3.2.	Producción de ozono.	21
5.3.3.	Modo de acción del ozono.	21
5.3.4.	Uso de ozono en control de plagas de almacén.	21
6.	HIPÓTESIS.....	23
7.	MARCO METODOLÓGICO.....	24
7.1.	Localización del ensayo.....	24
7.2.	Tipo de investigación.....	24
7.3.	Metodología.....	24
7.4.	Técnicas.....	25

7.5. Materiales y Equipos.	25
7.6. Diseño Experimental.....	26
7.7. Factores en Estudio.....	27
7.8. Tratamientos en estudio.....	28
7.9. ADEVA.	28
7.10. Variables en estudio.....	29
7.11. Manejo del Experimento.....	30
7.11.1. Semilla empleada.	30
7.11.2. Recolección de los Insectos.	30
7.11.3. Concentración de ozono.	30
7.11.4. Determinación del tiempo de aplicación.	30
7.11.5. Aplicación del ozono en los tratamientos.	31
7.11.6. Aplicación del Fosforo de Aluminio (Gastoxin) en los envases.	31
7.11.7. Evaluación de la Mortalidad del gorgojo del maíz <i>P. frontalis</i> .	31
7.12. Pruebas de germinación de semillas de maíz suave amarillo criollo.....	32
7.13. Análisis Estadístico.....	33
8. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.	34
8.1. Análisis de Mortalidad de <i>P. frontalis</i>	34
8.2. Análisis de germinación del maíz.	40
9. IMPACTOS.	43
10. CONCLUSIONES.	44
11. RECOMENDACIONES.....	45
12. BIBLIOGRAFÍA.	46
13. AVAL DE TRADUCCIÓN.....	54
14. ANEXOS.	55

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1. Actividades por objetivo planteado.	6
Tabla 2. Clasificación taxonómica de <i>Pagiocerus frontalis</i> (F.)	15
Tabla 3. Tratamientos considerando los factores de estudio.	28
Tabla 4. Esquema del ADEVA.....	28
Tabla 5. Variables a estudiar.	29
Tabla 6. ADEVA del efecto del tiempo de exposición a ozono y la condición de desarrollo de la plaga más los testigos, sobre la mortalidad promedio (%) de adultos de <i>P. frontalis</i>	34
Tabla 7. Prueba de Tukey, para la comparación de rangos en la mortalidad de <i>P. frontalis</i>	35
Tabla 8. ADEVA del efecto de ozono en el porcentaje de germinación de semillas de maíz suave.	40
Tabla 9. Prueba de Tukey, para la comparación de medias del porcentaje de germinación de las semillas de maíz.	41

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1. Mortalidad promedio (%) de adultos de <i>P. frontalis</i> por efecto del ozono en todos los tratamientos. Prueba Tukey al 5 %, para la comparación de rangos.	35
Figura 2. Mortalidad promedio (%) de adultos de <i>P. frontalis</i> por efecto del ozono en la condición de desarrollo de la plaga (sin maíz y 300 g de maíz). Prueba Tukey al 5 %, para la comparación de rangos.	36
Figura 3. Mortalidad promedio (%) de adultos de <i>P. frontalis</i> por efecto del ozono en diferentes tiempos de exposición. Prueba Tukey al 5 %, para la comparación de rangos.	37
Figura 4. Mortalidad promedio (%) de adultos de <i>P. frontalis</i> por efecto de diferentes tiempos de exposición a ozono y la condición de desarrollo de la plaga (300 g de maíz y sin maíz). Prueba Tukey al 5 %, para la comparación de rangos.....	38
Figura 5. Mortalidad promedio (%) de adultos de <i>P. frontalis</i> por efecto de la interacción de los factores vs los testigos. Prueba Tukey al 5 %, para la comparación de rangos.	39
Figura 6. Mortalidad promedio (%) de adultos de <i>P. frontalis</i> por efecto de la interacción entre los testigos. Prueba Tukey al 5 %, para la comparación de rangos.	40
Figura 7. Germinación promedio (%) de maíz a los 7 días por efecto del ozono. Prueba Tukey al 5 %, para comparación de rangos.....	42

ANEXOS.

Anexo 1. Pesaje de maíz para inocularlo con <i>P. frontalis</i> (10 kg).....	55
Anexo 2. Reproducción de <i>P. frontalis</i>	55
Anexo 3. Etapas fenológicas de <i>P. frontalis</i>	56
Anexo 4. Envases con 300 g de maíz.....	56
Anexo 5. Medición de concentración de ozono.	57
Anexo 6. Insectos incorporados en los envases.	57
Anexo 7. Aplicación del ozono.	58
Anexo 8. Aplicación del ozono cronometrado para los diferentes tiempos de exposición.....	58
Anexo 9. Equipo de protección para la aplicación de Fosforo de Aluminio (Gastoxin).	59
Anexo 10. Pesaje de 0.10 g de Fosforo de Aluminio (Gastoxin) para los tratamientos.....	59
Anexo 11. Tratamientos con aplicación de ozono.	60
Anexo 12. Gastoxin después de 48 horas de su aplicación.....	60
Anexo 13. Separación de gorgojos con un tamiz para el conteo de mortalidad.....	61
Anexo 14. Muestreo destructivo del grano de maíz.	61
Anexo 15. Conteo de la mortalidad de los gorgojos, tras destrucción de los granos infestados...	62
Anexo 16. Germinación de las semillas después de ser sometidas al ozono.	62
Anexo 17. Conteo del porcentaje de germinación de semillas de maíz suave (<i>Zea mays</i> L.).....	63
Anexo 18. Libro de campo del porcentaje de germinación de semillas de maíz.	63
Anexo 19. Libro de campo de la mortalidad de <i>P. frontalis</i>	64
Anexo 20. Datos ordenados en matriz, del porcentaje de mortalidad <i>P. frontalis</i> , para ingresarlos al InfoStat.....	65
Anexo 21. Datos ordenados en matriz, del porcentaje de germinación de las semillas de maíz, para ingresarlos en InfoStat.	66

INFORMACIÓN GENERAL

Título:

“Evaluación del efecto de ozono (O₃) en el control de gorgojo *Pagiocerus frontalis* (F.), en granos almacenados de maíz (*Zea mays* L.), en la Provincia Cotopaxi, Campus Experimental Salache, Proyecto Granos Andinos 2020”.

Lugar de ejecución:

Universidad Técnica de Cotopaxi (CEASA) Salache.

Institución, unidad académica y carrera que auspicia:

Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales.

Carrera que auspicia:

Carrera de Ingeniería Agronómica.

Proyecto de investigación vinculado:

Proyecto “Granos Andinos”.

Equipo de Trabajo:

Autor del proyecto: Samuel Cevallos.

Tutor de titulación: Ing. Marco Rivera Mg.

Lector 1: Ing. Guadalupe de las Mercedes López Mg.

Lector 2: Ing. Francisco Chancusig Mg.

Lector 3: Ing. Giovana Parra Mg.

Área de Conocimiento:

Agricultura.

Línea de investigación:

Desarrollo y Seguridad Alimentaria .

Sub líneas de investigación de la Carrera:

Producción Agrícola Sostenible.

Línea de investigación:

Gestión de recursos naturales biodiversidad, biotecnología y genética para el desarrollo humano y social.

1. JUSTIFICACIÓN

El maíz suave es considerado uno de los principales cultivos de la sierra ecuatoriana gracias a su aporte alimentario y económico (Yáñez *et al.*, 2013). La producción de este cereal es sin duda indispensable pero entre el 5 y 10 % del rendimiento se pierde por el ataque de plagas en su almacenamiento (Top Ozono, 2017). *Pagiocerus frontalis* (F.) se encuentra distribuido en todas las zonas maiceras del callejón interandino, afecta la calidad y hasta puede ocasionar pérdidas totales del grano, si hay presencia de altas poblaciones de este insecto (Gallegos & Vásquez, 1994).

Frente a esta situación, los agricultores han recurrido frecuentemente al uso de insecticidas químicos altamente tóxicos por lo general Fosfuro de Aluminio, conocido por su nombre comercial (Gastoxin), el cual repercute directamente en la salud humana y animal (Padilla, 2015). Para mitigar el uso de estos productos nace la necesidad de buscar alternativas ecológicas de control de plagas, como la utilización del ozono, gas que no ocasiona daños a la salud y al mismo tiempo favorece en la conservación del medio ambiente (Rozado *et al.*, 2008; Jian *et al.*, 2013). El ozono provoca mortalidad generalmente en un lapso de 24 horas o antes, lo contrario de la fosfina que requiere mayor tiempo de exposición (Isikber & Athanassiou, 2015). Este gas no genera resistencia en los insectos (Souza *et al.*, 2018) y no tiene un efecto importante sobre la calidad de los granos (Mendez *et al.*, 2003; Dos Santos *et al.*, 2007).

En virtud a la importancia del ozono como alternativa ecológica para controlar insectos plaga en granos de almacén, esta investigación se realizó para evaluar el efecto de este gas en el control de adultos del gorgojo *Pagiocerus frontalis* (F.), en maíz almacenado.

2. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

Evaluación del efecto de ozono (O₃) en el control de gorgojo *Pagiocerus frontalis* (F.), es una investigación provechosa que tiene como propósito beneficiar de forma directa a productores, almacenistas y comerciantes de maíz suave seco de la Sierra ecuatoriana e indirectamente va en beneficio de todos los consumidores de este grano. Según INEC (2018), en Ecuador se produce aproximadamente 49.853 toneladas métricas de maíz suave seco, especialmente en la región Sierra; siendo la producción de este cereal muy importante en la economía de los agricultores.

El aporte de este estudio ayudará a disminuir el uso de agroquímicos en el almacenamiento de granos de maíz, evitará daños a la salud humana, animal y positivamente contribuirá en la conservación del medio ambiente.

3. PROBLEMÁTICA

El cultivo de maíz (*Zea mays* L.), constituye un alimento básico a nivel mundial tanto para consumo humano como para la agroindustria (Caviedes *et al.*, 2002). Se considera como el principal cereal en relación a rendimiento de grano por hectárea, ubicado en el segundo lugar de la producción mundial (Peña, 2011). Según la (FAO, 2019), informó una disminución en la producción mundial de cereales en la temporada 2018 / 2019 a comparación de la producción record alcanzada en 2017. La producción del maíz se redujo ligeramente a 1.046 millones de toneladas, esto debido a la disminución de superficie sembrada en China y a la presencia de sequias en Brasil; pero casi fueron compensadas, por las mejoras en rendimientos de USA y la Federación de Rusia y Ucrania (García & Laval, 2019).

En Ecuador, el Instituto Nacional de Estadística y Censos a través del ESPAC (Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria), señala que a nivel nacional durante el año 2018, la superficie sembrada de maíz duro seco y maíz suave seco fue de (383.399 / 52.714) ha y se cosechó (365.334 / 46.791) ha, logrando tener una producción de (1.324,147 / 49.853) Tm respectivamente. La provincia de Los Ríos en el periodo 2018 fue el principal productor de maíz duro seco con una producción de 592.350 Tm y la provincia de Bolívar el principal productor de maíz suave seco 13.189 Tm (INEC, 2018).

La pérdida de rendimiento causada por insectos plaga suma alrededor del 40 % de la producción mundial de fibras y alimentos (Murray, 1998). Plagas como ácaros, nemátodos, roedores y otros organismos incrementan el daño en la producción mundial de cultivos cerca del 48 %; a lo que se suma las pérdidas en poscosecha entre el 5 % y el 10 %, aunque en algunos países esa cantidad puede elevarse hasta 50 % (Top Ozono, 2017).

Castro & Mejía (2011), señalan que existen dos plagas importantes que afectan directamente al grano del maíz en almacenamiento, *Sitophilus zeamais* y *Pagiocerus frontalis* (F.), este último conocido como Redondilla, Gorgojo volador, Barrenador de los Andes, insecto que tiene mayor incidencia en regiones frías, distribuido desde USA (Carolina del Norte) hasta Argentina. También menciona a Pérez (1987), quien indica que en la región de Saraguro (Ecuador) el gorgojo produce un daño aproximado de 44 % en maíz almacenado.

El maíz es la fuente ideal de alimento para este insecto, se encuentra adaptado a situaciones de confinamiento, plaga muy destructiva que provoca disminución del poder germinativo, pérdidas de peso y valor nutritivo de las semillas, en consecuencia el valor comercial del producto decae (Castro & Mejía, 2011). En un periodo de 2 meses puede producir daños del 5 % incrementándose hasta los seis meses que ocasiona la pérdida total de granos almacenados (Gallegos & Vásquez, 1994)

Para el control de estas plagas los productores han recurrido a la utilización de plaguicidas gasificantes sintéticos, que presentan grandes desventajas por su alto costo, largo periodo de aplicación y deja residuos tóxicos dañinos para la salud humana y animal. Se sabe, aunque no se encuentran datos estadísticos al respecto, que muchos agricultores ecuatorianos para evitar pérdidas en su cosecha de maíz frecuentan el uso del Fosforo de Aluminio o fosfina conocido por su nombre comercial (Gastoxin), clasificado en la categoría toxicológica Ia (extremadamente peligroso), este gas elimina insectos en todos sus estadios (huevos, larvas, pupas y adultos). (AGROCALIDAD, 2015)

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo general:

Evaluar el efecto de ozono (O₃) en el control de gorgojo *Pagiocerus frontalis* (F.), en granos almacenados de maíz suave (*Zea mays* L.), en la Provincia Cotopaxi, Campus Experimental Salache, Proyecto Granos Andinos 2020”

4.2. Objetivos Específicos:

- Determinar el tratamiento con mayor efectividad en el control de *Pagiocerus frontalis* (F.).
- Evaluar el efecto del tiempo de exposición a ozono en la mortalidad de *Pagiocerus frontalis* (F.).
- Determinar el porcentaje de germinación de semillas en los diferentes tratamientos con ozono.

Tabla 1. Actividades por objetivo planteado.

OBEJTIVO	ACTIVIDAD	RESULTADO	MEDIO DE VERIFICACION
Determinar el tratamiento con mayor efectividad en el control de <i>Pagiocerus frontalis</i> (F.).	<p>Colecta de semillas de maíz infestadas de gorgojo <i>Pagiocerus frontalis</i> (F.).</p> <p>Pruebas preliminares con el ozonizador de 5g/h, para la determinación de concentración de ozono y tiempos de exposición.</p> <p>Aplicación del ozono en los tratamientos a tres tiempos de exposición de acuerdo a la metodología utilizada por (Vaca, 2019).</p>	Conocer el mejor tratamiento de control.	<p>Fotografías.</p> <p>Estereomicroscopio.</p> <p>Registro de datos.</p> <p>Programas de Excel e InfoStat.</p>
Evaluar el efecto del tiempo de exposición a ozono en la mortalidad de <i>Pagiocerus frontalis</i> (F.).	<p>Conteo de individuos muertos luego de 48 horas, utilizando una zaranda plástica para tamizar los insectos.</p> <p>Muestreo destructivo de las semillas de maíz afectadas por el gorgojo, para corroborar la mortalidad de individuos que no cayeron al tamizarlos.</p>	Número de insectos muertos.	<p>Fotografías.</p> <p>Estereomicroscopio.</p> <p>Programas de Excel e InfoStat.</p> <p>Registro de muestras.</p>
Determinar el porcentaje de germinación de semillas en los diferentes tratamientos con ozono.	Pruebas de germinación del maíz evaluadas a los 7 días, después de aplicar los tratamientos.	Número de semillas germinadas.	<p>Fotografías.</p> <p>Registro de muestras.</p> <p>Programas de Excel e InfoStat.</p>

Fuente: Elaboración propia.

5. REVISIÓN DE LITERATURA.

5.1. Maíz.

5.1.1. Generalidades del maíz.

El maíz (*Zea mays* L.) es un cereal perteneciente a la familia de las gramíneas o poáceas, comprende una especie monocotiledónea, de crecimiento anual y ciclo vegetativo largo. De acuerdo a la variedad utilizada, el desarrollo de este cereal puede comprender un periodo de 80 a 200 días, desde la siembra hasta su cosecha. Esta gramínea es una planta C4 de actividad fotosintética muy alta, debido a las diminutas condiciones requeridas como la luminosidad, temperatura y humedad. Capaz de adaptarse a diferentes regiones; determinantes, en su crecimiento y desarrollo (Grande & Orozco, 2013).

5.1.2. Importancia del maíz en Ecuador.

De acuerdo a Suquilanda (2012), al maíz duro y seco se lo utiliza primordialmente en la industria, su expansión es justificada, tanto en superficie que se cultiva como en producción y rendimiento. Este producto es ampliamente demandado por la agroindustria, el destino principal se concentra en la elaboración de alimentos balanceados. El maíz suave es destinado para el consumo familiar, la superficie de siembra es menor; por lo cual, la producción y rendimientos disminuyen. Los granos básicos cultivados en la sierra son destinados al consumo interno, gran parte de pequeños productores se dedican a sembrar estos productos, inclusive en lugares no aptos.

Existe una gran diversidad genética nativa de maíz suave en el Ecuador, se conoce la presencia de 17 razas criollas. En la región sierra en las provincias de Pichincha, Carchi, Imbabura y Cotopaxi se cultivan los maíces de tipo amarillo harinoso, en las provincias de Bolívar, Tungurahua y Chimborazo de preferencia se siembran los maíces blancos harinosos y en Azuay y Cañar los famosos Zhimas (Yáñez *et al.*, 2013).

Las provincias de Pichincha y Tungurahua son provincias muy representativas e importantes en cuanto a la producción de maíz suave; en estos lugares se cultivan un aproximado de 3 026 ha y 5 627 ha/año de maíz respectivamente y se cosechan más o menos de 2 863 ha y 5 480 ha, obteniendo un rendimiento promedio de 6410 Tm y 20563 Tm para maíz suave en choclo (Pasquel, 2016)

5.1.3. Producción de Maíz en Ecuador.

Según el (Banco Central del Ecuador, 2017), el volumen de producción de maíz suave en el período de cosecha de 2017 decreció en 12 %, nivel inferior a la reducción de la superficie cosechada que fue de 8 %. Este comportamiento estuvo asociado a los menores rendimientos que fueron consecuencia de problemas climáticos (heladas, vientos, exceso de lluvia) especialmente en la región sierra centro-norte donde mayoritariamente se cultiva el producto.

También señala que agricultores en promedio cosecharon 149 bultos/ha de maíz. De la producción alcanzada fue destinado el 81 % para la comercialización por parte de los intermediarios, los cuales pagaron un valor de USD 24/ bulto.

En Ecuador, el Instituto Nacional de Estadística y Censos a través del ESPAC (Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria), señala que a nivel nacional durante el año 2018, la superficie sembrada de maíz duro seco y maíz suave seco fue de (383.399 / 52.714) ha y se cosechó (365.334 / 46.791) ha, logrando tener una producción de (1.324,147 / 49.853) Tm respectivamente.(INEC, 2018)

5.1.4. Poscosecha de maíz.

Según la FAO (s.f.), el maíz se cosecha inmediatamente como los granos logran alcanzar la madurez fisiológica, que se manifiesta con la presencia de una capa negra en el punto de inserción de la semilla en la mazorca, entonces es momento de cosechar; ya que, el grano presenta su punto máximo de calidad. Al cultivo escasamente se lo cosecha en el momento que alcanza la madurez fisiológica porque los granos presentan alto contenido de humedad (30-35 %) y resulta económicamente caro reducir artificialmente la humedad a niveles óptimos del 10-12 %

para su buen almacenaje. Mientras más tiempo se retrase la cosecha mayor humedad perderán los granos; esto es un buen ahorro para no gastar en el secado de las semillas a un nivel de seguridad. Sin embargo, mientras el maíz permanece en el campo, tiende a sufrir ataques de plagas insectiles, daños ocasionados por aves, pudrición de los elotes y posibles vuelcos causados de la pudrición del tallo.

5.1.4.1. Secado.

Christensen & Kaufmann (1969), señalan que el maíz normalmente es recogido del campo con un contenido de humedad del 20-25 %; por lo tanto, no es recomendable almacenarlo sin antes reducir su humedad. Para realizar este proceso se utiliza dos métodos: el secado natural exponiéndolo directamente al sol o el secado artificial con la ayuda de equipos y maquinarias que emanan calor.

Los mismos autores mencionan, si la humedad del grano presenta entre 14 y 20 %, existe la posibilidad que se proliferen mohos provocando una severa infección en granos rajados o rotos que son más susceptibles. Los granos cuyos valores del contenido de humedad son menores al 10 % no dan paso para que se generen ambientes favorables para la reproducción y el desarrollo de los insectos que atacan los granos almacenados.

Existen dos formas para realizar el secado del grano, bien sea tanto natural o artificial. En el secado natural se lo puede ejecutar en tendales siempre y cuando los factores climáticos sean favorables; es decir, que proporcionen una temperatura superior a los 20 °C y porcentajes inferiores al 60 % de humedad relativa. En cuanto al secado artificial es posible realizarlo a través de secadoras de caballetes, que se encarga de dividir al grano en capas de menor espesor y con ello se logra un intercambio entre el aire y el grano (Morocho, 2016).

5.1.4.2. Clasificación.

Según la CEDAF (1998), la mesa gravitatoria es una maquina que se utiliza para separar las semillas de maíz de otras semillas o impurezas de acuerdo a su peso específico.

Para los pequeños agricultores que cosechan manualmente las semillas, se recomienda, quitar las puntas de cada mazorca que se va a desgranar para obtener la semilla; así se conseguirá granos con uniformidad en el tamaño; en dónde se evitarán los granos pequeños y redondos de los extremos de los elotes. Si el secado es por medios mecánicos, los granos de colores deben desecharse, se descartarán las mazorcas en descomposición, enfermas o indeseables, se lo hará antes del secado. Si se secan al sol las mazorcas de maíz, entonces su clasificación se puede realizar durante o después del secado (CEDAF, 1998).

5.1.4.3. Limpieza.

Consiste en desechar todo tipo de componente extraño a los granos, que generalmente se mezclan durante la cosecha como son ramas, hojas, tierra, entre otros. Se realiza esta labor; ya que, estos materiales negativamente afectan en la conservación de los granos y de manera directa acelera su deterioro, puesto que ocasionan un aumento en la temperatura y humedad de los granos y son más susceptibles a sufrir el ataque de insectos, hongos y bacterias (Hernández & Puentes, 2012).

5.1.4.4. Desgranado.

Las mazorcas dañadas por la acción destructiva de plagas y enfermedades; así como, las pequeñas y las de mala calidad deben eliminarse para dejar solamente las que cumplen con la calidad de grano grueso y uniforme. Se realiza una selección de las mazorcas que servirán para semilla, de las que su grano será comercializado. Es recomendable desgranar únicamente la parte central de la mazorca para obtener la semilla, se descartarán los granos pequeños de los extremos. Al momento de desgranar se vuelve necesario desechar todos los granos dañados y podridos (Yáñez *et al*, 2013).

5.1.4.5. Almacenamiento.

Llevar a cabo un buen almacenamiento de los granos, va a garantizar la disponibilidad de granos para épocas en donde disminuya la demanda, por eso es importante realizar un manejo adecuado en su conservación para que no se pierda la calidad, es necesario brindar las

condiciones óptimas para evitar daños ocasionados por plagas y enfermedades. El grano debe estar limpio sin presencia de impurezas, granos partidos y otras especies, antes de ingresar al silo deben mantener buenas características (sanos libre de insectos), para que no modifiquen el contenido de humedad y produzcan la proliferación de hongos (Morocho, 2016).

Hernández Rodríguez, & Niño (2009), mencionan que durante el almacenamiento de los granos el fenómeno de la respiración se hace presente, el mismo que es producido por el propio grano. Se inician las actividades metabólicas de los seres vivos que allí están presentes; los cuales producen energía y agua que se almacena en el interior, y se crea un foco de calentamiento que puede ocasionar deterioro de los granos. Se puede mantener la calidad del grano, ejecutando un buen manejo en el control de la humedad del grano, humedad relativa y temperatura ambiente.

5.1.4.6. Recomendaciones para el almacenamiento de granos.

Para evitar pérdidas en el almacenamiento de los granos Márquez & Pozzolo (2012) recomiendan:

- Para granos excesivamente húmedos se recomienda el secarlo rápido con aire caliente o ventilación con aire ligeramente recalentado.
- Para granos calientes se recomienda ventilarlos con aire ambiente o trasiego que provoque refrigeración y aireación ligera.
- Si se presenta desarrollo de hongos se puede limitar al reducir la humedad y la temperatura.
- Cuando hay presencia de insectos, se los controla mediante la ventilación con aire ambiente y con la aplicación de insecticidas apropiados.

5.1.4.7. Condiciones para el almacenamiento.

Ospina (2015), señala las condiciones de mayor importancia en el almacenamiento del grano de maíz.

- Humedad Relativa: No debe presentar valores inferiores al 60 % con el fin de evitar la presencia de mohos.
- Humedad del grano: Si la humedad sobrepasa 12 % es el primer paso la proliferación de hongos *Aspergillus* y *Penicillium*.

- Temperatura: Se recomienda mantenerla por debajo de los 25 °C y cuando el almacenamiento es de semillas no debe superar los 10 °C.
- Duración del Periodo de almacenaje: Se puede almacenar por un tiempo limitado en clima cálido de dos a tres meses y en clima medio y frío la duración se prolonga, siempre y cuando se cumplan las condiciones ya mencionadas y la ventilación sea la adecuada para que se mantenga lo más seco posible.

5.1.5. Principales plagas del maíz almacenado.

García-Lara, Espinosa, & Bergvinson (2007), el gorgojo (*Sitophilus zeamais*) en fase adulta puede medir entre 3.3 y 5 mm de largo; su coloración es variada, pardo negruzco o rojizo; la cabeza de este insecto tiene una forma de pico y su cavidad torácica es alargada y cónica.

Las larvas y los adultos son los mayores causantes de los daños al grano. Los adultos para poner sus huevos, perforan profundamente el grano, mientras que las larvas se alimentan del endospermo. La presencia del gorgojo puede favorecer el ataque de otros insectos. Si existe un alto porcentaje de humedad los insectos atacan el grano, creando un foco de infección que da paso al calentamiento en el maíz y, como resultado se producen severas infestaciones (García *et al.*, 2007).

Bourne, Wong, Borboa, & Cinco, (2014), manifiestan que el Barrenador mayor de granos *Prostephanus truncatus* (Horn), se desarrolla y alimenta en los granos, su infestación y ataque lo realiza en fase de campo y almacenamiento. García *et al.*, (2007), señalan que *Prostephanus truncatus* (Horn), en su fase adulta se caracteriza por tener una forma cilíndrica y alargada de su cuerpo, con terminación en cuadro; puede medir entre 3 a 4 mm de largo; presenta colores como café rojizo a café oscuro, tiene un punteado fino. Su característica distintiva es que el protórax cubre la cabeza del insecto asemejando una capucha. Al atacar los granos este insecto deja una gran cantidad de polvillo similar a la harina resultado de la perforación de los granos al alimentarse.

Abadía & Bartosik (2013), señalan que la Palomilla de los cereales (*Sitotroga cerealella* Olivier) es una diminuta mariposa de coloración amarillo ocre, cuando extiende sus alas mide de

14 a 18 mm, el tamaño del cuerpo varía de 6 a 9 mm. Las larvas penetran el grano del cual se alimentan hasta convertirse en pupas y posteriormente en adultos. Los adultos carecen de aparato bucal y no pueden alimentarse; por tal motivo, viven sólo unos 4 días. Se moviliza grandes distancias, puede infestar silos que en principio carecen de plagas.

Barrenillo menor de los granos, *Rhyzopertha dominica* (F.), este insecto en estado adulto mide de 2 a 3 mm de longitud; varía su color de pardo rojizo o negruzco; presenta un cuerpo cilíndrico y alargado, pero su cabeza y protórax tienen un aspecto curvo. Su ataque lo realiza principalmente al maíz y al trigo. En el caso del trigo es considerado como plaga primaria porque deteriora los granos enteros. Las perforaciones irregulares y formación de polvillo es causa del ataque de este insecto (García *et al.*, 2007).

Martínez (s.f.), expone que el Picudo o gorgojo de los graneros *Sitophilus granarius* L., presenta la característica peculiar que tiene cabeza debajo del protórax, el cual da una apariencia de capucha y tienen una masa suelta en las antenas; su color es de café oscuro, puede medir de 3 a 4 mm de largo.

Gorgojo del arroz *Sitophilus oryzae* (L.), los adultos miden de 2 a 3,5 mm de longitud, presenta una coloración marrón oscuro, casi negro, en la superficie del tórax tiene cuatro manchas rojizas bien definidas en los élitros y hoyos redondos. De poca tolerancia a las bajas temperaturas (Abadía & Bartosik, 2013).

Tribolio confuso *Tribolium confusum* y *Tribolium castaneum* presenta un tamaño que varía de 3-3.5 mm de largo; lados paralelos, la coloración del cuerpo va de café a café rojizo, plano brillante, en la maza antenal presenta 3 segmentos distales que son iguales entre sí en *T. castaneum* y diferentes en *T. confusum*. También difiere la distancia entre los ojos, presenta unas alas con estrías las cuales no son funcionales (Torres, Esparza, González, & Torres, 2016).

Pagiocerus frontalis (F.), el adulto es un gorgojo pequeño que mide 2,5 mm de largo y 1,5 mm de ancho. Presenta una probocis corta. La hembra es rechoncha y el macho flácido. Los adultos raspan la epidermis de la semilla, perforan por la parte apical del grano preferentemente, luego de ingresar tanto macho como hembra excretaban a través de los agujeros realizados por ellos.

Infesta al maíz en los depósitos o almacenes, prefiriendo siempre el maíz en mazorca; o infesta al maíz desgranado apilado y otros granos como trigo, cebada. (Wille, 2008).

5.2. Gorgojo del maíz.

5.2.1. Generalidades.

De acuerdo a Castro & Mejía (2011) la Familia Curculionidae es numerosa, se han registrado aproximadamente 40.000 especies, integrando a los gorgojos, picudos o trompudos. Se encuentran en diferentes hábitats, como barrenadores o minadores de raíces, tallos, semillas, granos ya cosechados, madera, etc.

También señalan, que alrededor de 30 especies de esta familia viven en granos y productos almacenados y de estas, tres constituyen las principales plagas destructivas tanto en su etapa adulta como larvaria y por su extensa distribución por el mundo.

Los miembros de esta familia presentan cabeza con un pico definido, antenas por lo general acodadas, nasudas, cuerpo, élitros y patas duras, formando un exterior sólido y muy resistente. Las larvas son gusanos ápodos, por lo general con capsula cefálica oscuras y cuerpos blancos (Castro & Mejía, 2011).

5.2.2. Origen y Distribución.

Castro & Mejía (2011), indican que *Pagiocerus frontalis* (F.) es más conocido en Colombia, Ecuador y Perú, lugar en donde fue descubierto como plaga del maíz en el año de 1930. Está distribuido desde el sur de los EE.UU, América Central, el Caribe y América del Sur, pero se lo considera como insecto plaga del maíz almacenado sólo en tierras altas de los Andes en Perú, Ecuador, Chile y Colombia. En Ecuador se lo ha registrado en toda la región interandina que comprende altitudes entre 1500 y 2600 m s. n. m., temperatura promedio de 14 a 18,5°C. (Wendt & Schulz, 1990).

5.2.3. Clasificación Taxonómica.

En la Tabla 2, Está descrita la clasificación taxonómica del Gorgojo *Pagiocerus frontalis* (F.) por (Elgueta & Marvaldi, 2006).

Tabla 2. Clasificación taxonómica de *Pagiocerus frontalis* (F.)

Reino	Animal
Clase	Insecta
Orden	Coleóptera
Suborden	Pollyphaga
Superfamilia	Curculionoidea
Familia	Curculionidae
Subfamilia	Scolytinae
Tribu	Hylesinin
Subtribu	Bothrosternina
Género	Pagiocerus
Especie	<i>frontalis</i>

Fuente: (Elgueta & Marvaldi, 2006).

Fuente: Elaboración propia.

5.2.4. Descripción Morfológica.

El gorgojo adulto mide alrededor de 2,5 mm de largo y 1,5 mm de ancho; de coloración marrón oscuro; su cabeza tiene una trompa corta, con escasas vellosidades en el lado dorsal (Wille, 2008).

5.2.5. Ciclo biológico.

Wendt & Schulz (1990), indican que el periodo mínimo del ciclo de huevo a adulto en el maíz suave es de 25 días a una temperatura de 23°C con humedad relativa del 60 al 90 %. El período más largo de supervivencia de un individuo adulto comprende 223 días en maíz suave.

Gomez & Aguilera (1982), indican:

Los huevos de *Pagiocerus frontalis* (F.) se caracterizan por tener una forma ovoide, con corion flexible, pegajoso y transparente; la superficie es lisa de color blanco opalescente, su tamaño varía de 0.10 a 0.52 mm de largo por 0.39 a 0.5 mm de ancho.

Larva: tipo escarabeiforme, de coloración blanca, excepto la cabeza que es amarillenta, con segmentos torácicos más desarrollados que los abdominales, patas torácicas ausentes, miden en promedio 0.49 a 1.65 mm de largo por 0.31 a 0.81 mm de ancho.

Pupa: mide 0.9 a 2.30 mm de largo y 0.32 a 1.06 mm de ancho, su coloración es blanquecina que posteriormente va oscureciendo en los ojos, mandíbulas y patas.

P. frontalis en su etapa adulta mide 2,5 mm de largo y 1,5 mm de ancho, de color marrón oscuro, en su cabeza sobresale una trompa corta con escasas vellosidades en el lado dorsal (Wille, 2008). Tiene élitros estriados, rugosos enteros que cubren totalmente el abdomen. (Gómez & Aguilera, 1982).

5.2.6. Comportamiento de la Plaga.

En su investigación Gallegos & Vásquez (1994), indican que los adultos de *P. frontalis*, que se encontraron en el grano almacenado del ciclo anterior, abandonan éste y vuelan con dirección al campo, de preferencia a las mazorcas que no tiene mucho recubrimiento de hojas y hacia las más susceptible previamente atacadas por pájaros. Estas mazorcas al ingresar al lugar de almacenamiento, conjuntamente con las mazorcas sanas, dan lugar a la diseminación fácil y rápida de esta plaga.

Castro & Mejía (2011), mencionan que la característica principal del ataque de este insecto es la gran cantidad de polvillo parecido a la harina que los adultos dejan luego de taladrar y alimentarse de los granos. En grandes infestaciones los adultos pueden llegar a dañar estructuras de madera o contenedores de plástico. Esta plaga es muy severa, considerada como la que más pérdidas y daños causa.

Las hembras perforan los granos para depositar sus huevos y luego los cubren con un mucílago transparente, pueden llegar a producir hasta 250 huevos en su vida reproductiva. La fuente de alimento de las larvas es el endospermo del grano, hasta transformarse en pupa. Cuando se convierten en adultos, perforan el grano. Su ciclo fenológico desde huevo hasta adulto dura 40 días en condiciones de verano (Castro & Mejía, 2011).

5.2.7. Daños Directos e Indirectos.

Este insecto es fitófago, cuyo ataque los realiza cuando la mazorca aún se encuentra en la planta y el grano ya no tiene su consistencia lechosa. Realiza un pequeño orificio con sus fuertes mandíbulas ayudado por sus patas protorácicas. Perfora el grano del cual se alimenta, preferentemente de zonas blandas ubicadas entre el extremo basal y el raquis de la mazorca. La hembra, en el embrión del grano construye pequeñas galerías secundarias donde pone un huevo en cada una de ellas. El daño ocasionado por la larva, en un comienzo, es imperceptible desde el exterior, pero a medida que avanza el desarrollo larvario, el grano se va tornando transparente por el consumo casi total del endospermo (Mandujano, 2015). Como daño directo la germinación también se limita, afectando su cotización en el mercado. Otro daño directo es causado por contaminación del 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. (Tapia, 2013)

5.2.8. Métodos de control.

5.2.8.1. Control cultural.

García (2009), nos explica los diferentes métodos tradicionales que se utilizan:

- 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 gorgojo.
- 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.

5.2.8.2. Control físico.

Barillas & Rivera (2008), indican que llevar 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, y produce los mismos efectos que las tierras diatomeas (Barillas & Rivera, 2008).

5.2.8.3. Control Biológico.

García (2009), 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 *et al.*, (2007), 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 avispas 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.

5.2.8.4. Control químico.

Según Top Ozono (2017), señala que las sustancias utilizadas tradicionalmente para disminuir los efectos de las plagas en el almacén de granos son capaces de causar la muerte de cualquier ser presente próximo al grano, inclusive vidas humanas. Las sustancias que más se empleaban para la desinfección es el bromuro de metilo, pesticida que ya no se encuentra a la venta desde el 2005, además Greiffenstein (1997), indica que otros insecticidas como el di-bromuro de etileno y tetracloruro de carbono se utilizaban masivamente hace mucho tiempo atrás, pero ya se prohibió su aplicación en granos de uso alimenticio, por la gran cantidad de residuos químicos y por la afectación que provoca en la germinación de la semilla.

El Fosfuro de Aluminio, es un compuesto químico letal, conocido por sus altos valores de toxicidad que al contacto con la humedad desprende gas fosfina. Es utilizado en la preservación de granos secos, a causa de la alta toxicidad este veneno puede afectar a los insectos a lo largo de todas sus etapas fenológicas. En cuanto a sus características este producto consta de tabletas con un contenido neto de 560 mg hasta 3 g, de coloración gris oscuro, el olor de este gas es repulsivo parecido a pescado descompuesto o ajo concentrado (Carvajal, Arancibia, Leño, & Estrada, 2015).

Según Top Ozono (2017), al momento de finalizar con la fumigación en los granos, es necesario dejar por un periodo de dos a tres días, a lo largo de ese tiempo los silos deben permanecer herméticos para que la toxicidad de la fosfina actúe efectivamente sobre los bultos de granos. Encontrar nuevas alternativas para desechar el uso de productos tóxicos es indispensable, de lo contrario los daños en los granos también incrementarán a causa de las heces de la plaga provocando la proliferación de hongos como *Fusarium* y *Aspergillus* y las pérdidas serán incalculables.

5.3. Ozono.

5.3.1. Generalidades del ozono.

Se conoce que el ozono es un gas que no presenta color (incoloro) de alta reactividad, su composición consta de tres átomos de oxígeno (O_3). Este gas es un constituyente natural de la atmósfera, se lo encuentra localizado en las dos capas inferiores que son: la tropósfera (comprende una magnitud que va desde la superficie terrestre hasta los primeros 10 km de altura) y la estratósfera (comprendida desde los 10 hasta 50 kilómetros por encima de la superficie terrestre). El ozono tiene como función proteger ante la radiación ultravioleta en la estratósfera, en este lugar se halla el 90 % del ozono atmosférico y se origina la capa de ozono (Bermejo *et al*, 2009).

El ozono, es una forma alotrópica del oxígeno molecular (O_2), se encuentra como un elemento gaseoso natural ubicado en las capas altas de la atmósfera, ahí está representando el 0,0001 % de la composición total. Una característica propia de este gas, es que al momento en que su concentración asciende las 0,1 ppm no puede olerse, porque se convierte en un gas irritante que se vuelve difícil de tolerar (Arencibia *et al*, 2006).

No se puede almacenar el ozono porque presenta una elevada inestabilidad química a presión y temperatura ambiente, por esta razón los investigadores recurren al uso de máquinas generadoras de este gas con el propósito de que al momento de realizar un experimento se obtenga instantáneamente. Si se relaciona el ozono con el oxígeno como resultado tenemos que la solubilidad del ozono en agua es casi dos veces mayor (Hidalgo *et al*, 2015).

La vida del ozono es de aproximadamente 12 horas cuando se encuentra en estado gaseoso y a presión atmosférica, se considera amigable con el medio ambiente porque puede transformarse en dos moléculas de oxígeno y no deja ningún tipo de rastros. Se utiliza este gas para disminuir eficientemente las poblaciones de insectos y hongos; ya que actúa como desinfectante (Solano *et al*, 2017).

5.3.2. Producción de ozono.

Generalmente el ozono se origina en la atmósfera mediante dos procesos. El primero ocurre cuando la luz ultravioleta ocasiona una ruptura fotoquímica de una molécula de oxígeno, dando como resultado la separación de dos átomos de oxígeno. La segunda fase se manifiesta cuando cada átomo de oxígeno sufre un choque con otra molécula de O_2 y como producto genera una molécula de ozono (Dirección de Monitoreo Atmosférico, 2016).

Existen dos maneras industrializadas para obtener el ozono. Frecuentemente se utiliza el método de pasar aire por unos tubos de vidrio que presentan superficies metalizadas de forma concéntrica (ozonizadores) entre los que acciona una descarga de gran diferencia (15 kW) y elevada frecuencia (50 Hz); la cual, va a intervenir sobre las moléculas de $2O_2$ originando la formación del ozono (trioxígeno). Si se desea dividir el ozono por el método de destilación fraccionada. Como resultado se produce el ozono mezclado con aire en pequeñas concentraciones de 2 % (Tecnozono, 2018).

5.3.3. Modo de acción del ozono.

El ozono es considerado como desinfectante universal, este oxida los elementos contaminantes, quitando el olor y color al mismo tiempo que liquida microorganismos como virus, bacterias, algas y hongos. La acción desodorizante que desencadena este gas se origina por efecto de la oxidación de las moléculas o de gran variedad de compuestos químicos como los hidrocarburos, ácidos, derivados de azufre y nitrógeno, cetonas, entre otras. El ozono ocasiona oxidación de la pared celular, para romperla y de esta manera logra atacar a los constituyentes de los ácidos nucleicos (ADN y ARN). Por esta razón los microorganismos no desarrollan capacidades inmunológicas frente al ozono como lo logran frente a otros compuestos (Ramírez & Sáinz, s. f.).

5.3.4. Uso de ozono en control de plagas de almacén.

El uso de ozono garantiza la muerte de todos los microorganismos existentes en la superficie de los granos almacenado; de esta manera el ozono es llamativo para utilizarlo en el control de

hongos e insectos, como efecto descarta la manipulación, almacenamiento de recipientes y la utilización de productos con base química. El ozono logra erradicar a los insectos sin dañar o alterar la calidad de los granos, alimentos tratados y en el mejor de los casos no ocasiona ningún tipo de daño al medio ambiente. Se han desarrollado gran variedad de equipos para el uso en tratamientos poscosecha, con el fin de ser amigables y respetar al medio ambiente, salvaguardar la vida de los operadores no dejando a un lado la calidad de los granos (Mira, 2011).

Para que el ozono produzca un efecto positivo en la mortalidad de los insectos, es muy importante considerar las concentraciones y el tiempo de exposición, también se debe tomar en cuenta las características del sustrato y los componentes químicos de las estructuras de almacenamiento. El ozono provoca la mortalidad de los individuos aproximadamente en un lapso de tiempo que oscila entre las 24 horas o antes, lo cual es favorable porque representa menor tiempo de exposición en comparación con el uso de fosfina (Solano *et al.*, 2017).

Para el control de insectos es recomendable el uso del ozono en bajas dosis, pero a tal concentración que elimine los insectos, se ha demostrado que este gas también actúa en la eliminación de bacterias, olores y hongos (Casini & Santajuliana, 2008).

6. HIPÓTESIS.

En cuanto a la mortalidad del insecto:

H₁. El uso del gas de ozono (O₃) produce mortalidad del gorgojo *Pagiocerus frontalis* (F.).

H₀. El uso del gas de ozono (O₃) no producirá mortalidad del gorgojo *Pagiocerus frontalis* (F.).

En cuanto a la germinación de las semillas:

H₁. El ozono afecta el porcentaje de germinación de la semilla tratada con este gas.

H₀. El ozono no afectará el porcentaje de germinación de la semilla tratada con este gas.

7. MARCO METODOLÓGICO.

7.1. Localización del ensayo.

La investigación se realizó en el laboratorio de semillas e invernadero entomológico del Proyecto “Granos Andinos” de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Campus Experimental Salache, barrio Eloy Alfaro, cantón Latacunga a una altura de 2730 (m s. n. m.) con 78°37’25” de longitud oeste y 00°59’55” de latitud sur.

7.2. Tipo de investigación.

Investigación Experimental. Consistió de un enfoque cuantitativo, con un alcance descriptivo y correlacional.

7.3. Metodología.

Métodos.

Método Científico. Fue esencial para seguir un conjunto de pasos necesarios para adquirir conocimientos válidos (científicos) mediante instrumentos confiables, y de acuerdo a la información establecida se lo puede repetir en cualquier lugar y por cualquier persona (reproducibilidad).

Método Experimental. La investigación es de carácter experimental en donde se evaluó los tratamientos de los diferentes tiempos de exposición al ozono para el control del gorgojo *P. frontalis* en granos de maíz.

Permitió controlar deliberadamente las variables en estudio para delimitar relaciones entre ellas, recopilar datos para comparar las mediciones de comportamiento de un grupo control, con las mediciones de un grupo experimental.

Método Analítico. Con este método se observaron las causas, la naturaleza y los efectos que permitieron conocer de mejor manera el objeto de estudio, con lo cual se pudo explicar y comprender su comportamiento.

Método Inductivo. Aplicado porque se obtuvo conclusiones generales a partir de premisas particulares.

7.4. Técnicas.

Observación Directa. Esta técnica permitió estar en contacto con el comportamiento del insecto gorgojo *P. frontalis* luego de la aplicación de ozono, además permitió detallar información certera en cuanto a la mortalidad de esta plaga.

Fichaje. Esta técnica fue empleada en el registro de datos obtenidos en la investigación; los cuales, fueron cuidadosamente ordenados para su posterior análisis.

Comparación. Esta técnica permitió comparar los datos recolectados, para determinar el mejor tratamiento en el control de *P. frontalis*.

7.5. Materiales y Equipos.

Materiales:

En el proceso de investigación se utilizaron los siguientes materiales y equipos:

- Libreta de campo
- Hojas de registro
- Lápiz
- Esferográfico
- 2 envases plásticos (4 000) ml
- Tarrinas plásticas (1 000) ml
- Estilete
- Guantes quirúrgicos

- Mascarilla quirúrgica
- Mascarilla de carbón
- 1 metro de manguera de silicone de ¼
- Charola de plástico
- Papel absorbente
- Botella plástica
- Pala plástica
- Tela organza
- Tamizador de madera
- Cuchara plástica
- Cinta scotch
- Pastilla de Fosfuro de Aluminio (Gastoxin).
- Mesa de acero inoxidable.
- Cronómetro.

Equipos:

- Generador de ozono de 5 g/h (Modelo QJ-8003K).
- Medidor de concentración de ozono en mg/L marca Palintest (Modelo PTS-043).
- Balanza digital (ACS-30C).
- Balanza digital (BWL 51).
- Estereomicroscopio. (EMZ-13)
- Cámara fotográfica (13 Megapíxeles).
- Computadora HP (Modelo1000-1220LA).
- Cámara de germinación (GA-001).

7.6. Diseño Experimental.

Se realizó un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), el cual presentó un arreglo factorial $2 \times 3 + 2$, donde el factor (A) correspondió a la condición de desarrollo de la plaga (300 g de maíz y sin maíz) y el factor (B) representó los tiempos de exposición de *P. frontalis*, al ozono

(20, 30 y 40 minutos), más un testigo relativo a base Fosforo de Aluminio (Gastoxin) y un testigo absoluto. Se realizó tres repeticiones por tratamiento, dando como resultado $8 \times 3 = 24$ Unidades Experimentales.

Los datos obtenidos en cuanto a la mortalidad del insecto fueron sometidos a un análisis estadístico mediante el programa InfoStat y se aplicó la prueba de Tukey al 5 % para la comparación de rangos de medias.

Cada unidad experimental presentó una capacidad de almacenamiento de 1000 ml con 300 gramos de maíz suave amarillo criollo en el caso de los envases (con maíz) y sin maíz para los tratamientos restantes, donde fueron agregados 30 individuos de *P. frontalis* obteniendo una muestra total de 900 insectos.

7.7. Factores en Estudio.

Factor A: Condición de desarrollo de *P. frontalis*.

E1= 300 g de maíz.

E2= Sin maíz.

Factor B: Tiempo de exposición.

t1= 20 minutos.

t2= 30 minutos.

t3= 40 minutos.

Testigos: 300 g de maíz.

TR= Testigo Relativo (Fosforo de Aluminio).

TA= Testigo Absoluto.

7.8. Tratamientos en estudio.

La Tabla 3, describe los tratamientos aplicados en la investigación.

Tabla 3. Tratamientos considerando los factores de estudio.

TRATAMIENTOS	SIMBOLOGÍA	DESARROLLO DE <i>P.</i> <i>frontalis.</i> (A)	TIEMPOS DE EXPOSICIÓN (B)
T1	E1t1	300 g de maíz	20 minutos
T2	E1t2	300 g de maíz	30 minutos
T3	E1t3	300 g de maíz	40 minutos
T4	E2t1	Sin maíz	20 minutos
T5	E2t2	Sin maíz	30 minutos
T6	E2t3	Sin maíz	40 minutos
T7	TR	Testigo Relativo (Fosforo de Aluminio + 300 g de maíz)	
T8	TA	Testigo Absoluto (300 g de maíz)	

Fuente: Elaboración propia.

7.9. ADEVA.

En la Tabla 4, se muestra el ADEVA correspondiente al diseño experimental.

Tabla 4. Esquema del ADEVA.

Fuente de Variación	Grados de Libertad
Tratamientos (t-1)	7
Bloques (r-1)	2
Factor A (a-1)	1
Factor B (b-1)	2
AxB (a-1).(b-1)	2
Factores vs Testigos	1
Testigo 1 vs Testigo 2	1
Error experimental (t-1)(r-1)	14
Total (n-1)	23

Fuente: Elaboración propia.

7.10. Variables en estudio.

En la Tabla 5, se detalla las variables en estudio de la presente investigación:

Tabla 5. Variables a estudiar.

TIPO DE VARIABLE	NOMBRE	INDICADOR	ÍNDICE
INDEPENDIENTE.	Ozono.	Tiempo de aplicación.	20 min.
			30 min.
			40 min.
		Condición de desarrollo de <i>P. frontalis</i> .	300 g de maíz. Sin maíz.
DEPENDIENTE.	Mortalidad	La tasa de Mortalidad de los gorgojos <i>P. frontalis</i> .	Porcentaje (%).
	Germinación	La germinación de la semilla de maíz.	Porcentaje (%).

Fuente: Elaboración propia.

Variable Independiente:

El tiempo de aplicación del ozono (minutos).

Condición de desarrollo de *P. frontalis* (300 g de maíz y sin maíz).

Variables dependientes:

La tasa de mortalidad de los gorgojos *P. frontalis* (%).

La germinación de las semillas de maíz (%).

7.11. Manejo del Experimento.

Se realizó en base a la metodología utilizada por (Vaca, 2019).

7.11.1. Semilla empleada.

Se utilizó maíz suave amarillo criollo, el cual fue adquirido de la cosecha anual (2019), de pequeños agricultores de la Provincia Pichincha, Cantón Mejía, Parroquia Alóag.

7.11.2. Recolección de los Insectos.

Se recolectó 2 kg de maíz infestado de *P. frontalis* en la Parroquia Alóag, los cuales fueron mezclados con 10 kg de maíz suave amarillo criollo sano en 2 recipientes con capacidad de 4000 ml, la parte superior de estos recipientes fue cubierta con tela organza; la cual, se sujetó con una liga para permitir el ingreso de aire para los insectos. A los 30 días que aumentó el número de gorgojos, estos fueron utilizados en el trabajo de investigación.

7.11.3. Concentración de ozono.

La concentración de ozono que se utilizó para ejecutar la investigación es de 0.12 mg/L en base a pruebas preliminares realizadas en el Laboratorio de semillas del proyecto “Granos Andinos”. Para tener mortalidad de los gorgojos, se usó una maquina generadora de ozono de 5 g/h modelo QJ-8003K y se justificó la dosis utilizada gracias a un medidor de concentración de ozono en mg/L marca Palintest.

7.11.4. Determinación del tiempo de aplicación.

Las pruebas realizadas para adecuar los tiempos, dieron inicio a partir de 5 minutos pero no se tuvo éxito en la muerte de los insectos; así se tuvo que aumentar los tiempos hasta que se determinó un tiempo de 20 minutos como base; ya que, se presenciaron resultados positivos en cuanto a la mortalidad de los gorgojos, por esta razón los tiempos asignados para ejecutar los

tratamientos fueron 20, 30 y 40 minutos similares a los tiempos expuestos por (Solano *et al.*, 2017).

7.11.5. Aplicación del ozono en los tratamientos.

En una balanza digital, se pesó 300 gramos de maíz para los tratamientos correspondientes. De forma manual 30 insectos *P. frontalis* fueron incorporados dentro de los envases plásticos, para evitar daños por la manipulación se utilizó una cuchara plástica. Se dejó a los gorgojos en contacto con el maíz durante 15 horas para que se alimenten e ingresen al interior del grano, en total 900 insectos se utilizaron para la investigación.

Se utilizó una maquina generadora de ozono con capacidad de 5 g/L, la cual por medio de una manguera de silicone de ¼ hizo circular el gas en el interior de los envases plásticos de 1000 ml. Los tratamientos tuvieron una concentración constante de 0.12 mg/L de ozono.

Una vez cumplido el tiempo de aplicación del ozono, fueron tapados los orificios de los envases con cinta scotch para que el gas permanezca en su interior, al cabo de 48 horas se abrieron los envases para evaluar la mortalidad de los insectos.

7.11.6. Aplicación del Fosforo de Aluminio (Gastoxin) en los envases.

Fueron colocados 300 g de maíz y se introdujeron 30 insectos en cada envase, se pesó la pastilla de Fosforo de Aluminio (Gastoxin) y se aplicó sólo 0.10 g del químico, esto de acuerdo a cálculos de dosificación para 300 g de maíz. Este tratamiento permaneció en completa hermeticidad, debido a la alta toxicidad del producto.

El testigo absoluto consistió en 300 g de maíz y 30 insectos.

7.11.7. Evaluación de la Mortalidad del gorgojo del maíz *P. frontalis*.

El conteo para evaluar la mortalidad de los insectos se efectuó a las 48 horas de haber aplicado ozono en los tratamientos. Fue tomada como referencia metodológica de (Vidales, 1991) para

esta evaluación; en la cual se utilizó una zaranda plástica y se agitó por 10 segundos para separar los insectos y los granos de maíz en una charola de plástico.

Se realizó un muestreo destructivo en los granos que presentaban orificios para extraer los insectos que no cayeron en la charola; este muestreo consistió en romper al grano por completo con la ayuda de un estilete, para extraer los individuos que se encontraban en su interior.

Fueron considerados insectos muertos aquellos que permanecieron inmóviles en su totalidad y que al tocarlos no mostraron ninguna reacción.

Para revisar la mortalidad del testigo relativo (Fosfuro de Aluminio), cuidadosamente se abrieron los envases y se los aisló en un lugar despejado para evitar el contacto directo con el gas, después de 1 hora fue posible realizar el conteo de los insectos pero se mantuvo las respectivas normas de seguridad como: uso de guantes quirúrgicos y mascarilla de carbón debido a la alta toxicidad del producto.

Para realizar los cálculos de mortalidad se aplicó la fórmula de Duso *et al.*, (2008) en la cual señala lo siguiente:

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

Dónde:

%M = Al porcentaje de mortalidad del tratamiento.

NMF= Al número de individuos muertos al final del tratamiento.

NVI= Al número de individuos vivos al inicio del tratamiento.

7.12. Pruebas de germinación de semillas de maíz suave amarillo criollo.

Las pruebas de germinación se realizaron con las semillas que se extrajeron de los tratamientos en el control de *P. frontalis* con ozono. Se tomaron 10 semillas por cada Tratamiento, y se las colocó en papel filtro previamente humedecido con agua destilada; estas muestras fueron introducidas en una cámara germinadora, con una temperatura y humedad promedio de 22°C ± 2°C y 60 % ± 2°C respectivamente. Este procedimiento fue repetido en dos

oportunidades. Posteriormente se agregó agua destilada cada 24 horas durante siete días. Se consideraron como semillas germinadas sólo las que presentaron radícula y plúmula emergidas, metodología similar a la utilizada por (Impene *et al*, 2017).

7.13. Análisis Estadístico.

Los datos obtenidos de la mortalidad de los gorgojos fueron tabulados en una hoja electrónica de Excel®, posterior a esto se clasificó cada tratamiento. El programa estadístico InfoStat versión estudiantil fue utilizado para obtener el ADEVA, los resultados fueron expresados a través de tablas, figuras, textos. Se aplicó pruebas Tukey al 5 % para la comparación de rangos de medias.

8. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.

8.1. Análisis de Mortalidad de *P. frontalis*.

La aplicación de ozono generó efectos significativos con respecto a la mortalidad de adultos del gorgojo *P. frontalis*; la cual, se vio influenciada por la condición de desarrollo del gorgojo (300 g de maíz y sin maíz) y por el tiempo en exposición al ozono, además las interacciones entre los factores vs los testigos también presentaron significancias, al igual que la interacción del testigo 1 vs testigo 2.

Tabla 6. ADEVA del efecto del tiempo de exposición a ozono y la condición de desarrollo de la plaga más los testigos, sobre la mortalidad promedio (%) de adultos de *P. frontalis*.

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Tratamientos	36964,72	7	5280,67	683,45	<0,0001 **
Desarrollo de la plaga (A)	10760,45	1	10760,45	1392,04	0,0000 **
Tiempos de exposición (B)	4133,33	2	2066,67	267,36	0,0000 **
A*B	4133,33	2	2066,67	267,36	0,0000 **
Factores vs Testigos	2937,61	1	2937,61	380,2	<0,0001 **
Testigo 1 vs Testigo 2	15000	1	15000	1941,37	0,0001 **
Error		14	7,73		
Total		23			
C.V.				4,02	

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 6, se observa la comparación de rangos para el porcentaje de mortalidad de *P. frontalis*, aplicando la prueba de Tukey al 5 %. Estadísticamente fueron iguales los porcentajes de mortalidad con aplicación de ozono en la condición sin maíz para T4 (20 minutos), T5 (30 minutos), T6 (40 minutos), y T7 testigo relativo (Fosfuro de Aluminio), logrando el 100 % de individuos muertos. En el caso de la condición en 300 g de maíz el T3 (40 minutos) alcanzó el valor más alto de mortalidad 84.4 %. El T8 (testigo absoluto) no presentó mortalidad de *P. frontalis*. Figura 1.

Tabla 7. Prueba de Tukey, para la comparación de rangos en la mortalidad de *P. frontalis*.

	Tratamientos	Medias	Rangos
T5	Sin maíz a 30 minutos	100	A
T6	Sin maíz a 40 minutos	100	A
T7	Testigo R (Fosfuro de Aluminio)	100	A
T4	Sin maíz a 20 minutos	100	A
T3	300 g de maíz a 40 minutos	84,43	B
T2	300 g de maíz a 30 minutos	57,77	C
T1	300 g de maíz a 20 minutos	11,1	D
T8	Testigo Absoluto	0	E

Las medias con letras iguales indican que no hay diferencia significativa entre sí al nivel de significancia $= \alpha 0.05$, según el método de DMS.

Fuente: Elaboración propia.

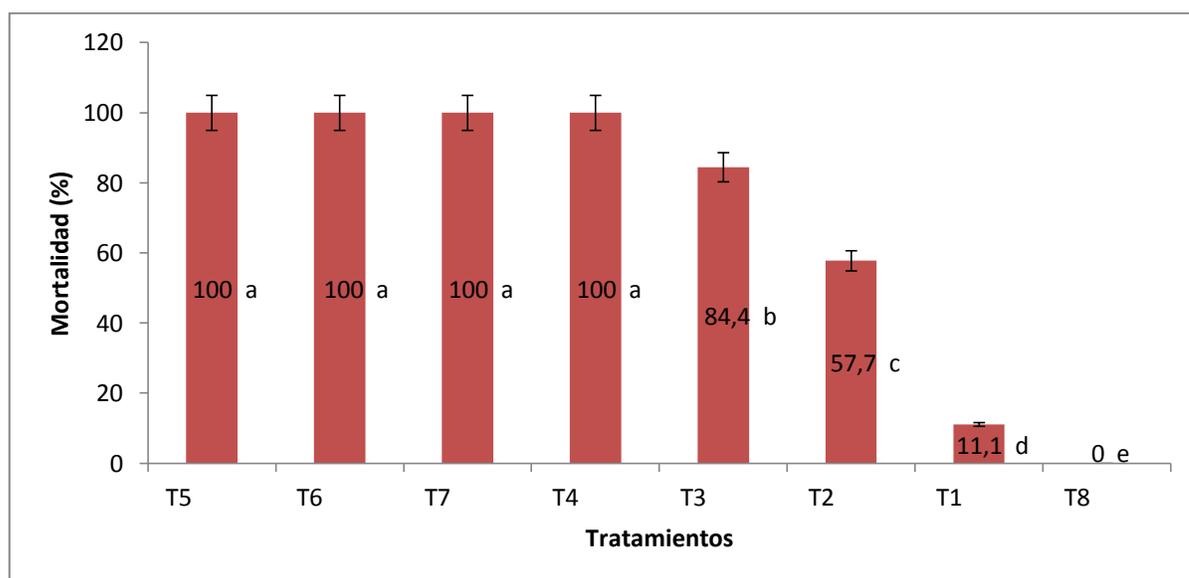


Figura 1. Mortalidad promedio (%) de adultos de *P. frontalis* por efecto del ozono en todos los tratamientos. Prueba Tukey al 5 %, para la comparación de rangos.

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, por medio de figuras se representa el porcentaje de mortalidad de *P. frontalis*, para cada uno de los factores e interacciones que tienen significancia estadística, se aplicó la prueba de Tukey al 5 %, para la comparación de rangos.

La Figura 2, hace referencia a la mortalidad de *P. frontalis* por efecto del ozono de acuerdo a la condición de su desarrollo; la cual, en los envases sin maíz T4 (20 minutos), T5 (30 minutos),

y T6 (40 minutos), logró el 100 % de insectos muertos; en comparación con aquellos que se encontraban en 300 g de maíz T1 (20 minutos), T2 (30 minutos) y T3 (40 minutos) logrando el 51,1 % de mortalidad. Estos resultados son similares a los que obtuvo Işıkber & Öztekin (2009), quienes señalan que el ozono presenta menor efecto sobre adultos, pupas y larvas de *E. kuehniella* en recipientes con trigo, en relación a la eficacia del ozono en recipientes vacíos.

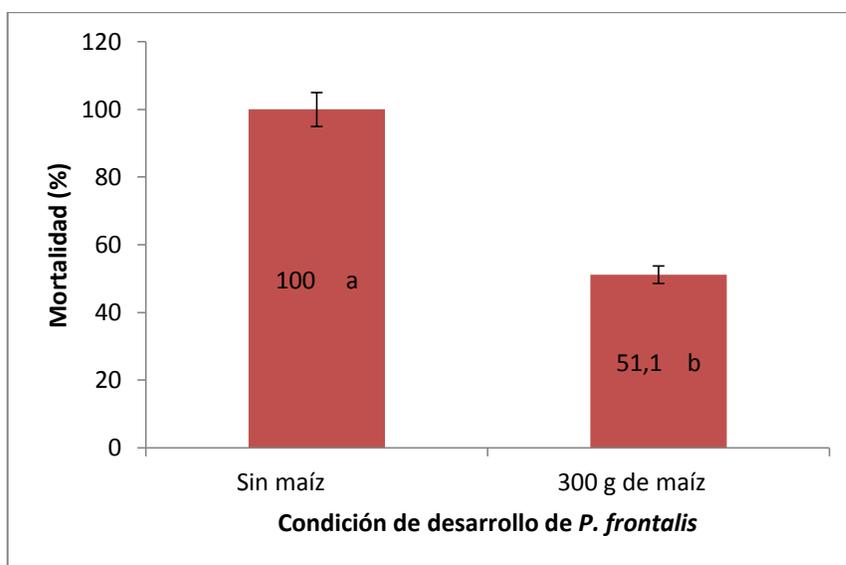


Figura 2. Mortalidad promedio (%) de adultos de *P. frontalis* por efecto del ozono en la condición de desarrollo de la plaga (sin maíz y 300 g de maíz). Prueba Tukey al 5 %, para la comparación de rangos.

Fuente: Elaboración propia.

Para Solano *et al.*, (2017), la aplicación del ozono sobre individuos de *L serricorne*, demostró elevado porcentaje de mortalidad en prototipos de silos vacíos a comparación de aquellos llenos de maíz, a su vez Hasan *et al.*, (2012) y Hansen *et al.*, (2012) en su investigación con adultos de los coleópteros *L serricorne*, *Stegobium paniceum* (L.), *Oryzaephilus surinamensis* (L.), *Sitophilus zeamais* y *T. confusum* también registraron alta mortalidad en contenedores vacíos.

La presencia de maíz dentro de los envases incrementó la superficie de contacto del ozono degradándolo rápidamente, en consecuencia la eficacia para provocar la muerte de los insectos disminuyó; mientras que, en los envases vacíos el gas pudo moverse con libertad sin descomponerse logrando producir mortalidad total sobre *P. frontalis*. Al respecto, Kells *et al.*, (2001) señalaron que el proceso de ozonificación presenta dos etapas, en la primera el ozono se degrada rápidamente porque las impurezas del grano bloquean su movimiento, volviéndolo lento.

En la segunda fase el gas puede moverse libremente entre los granos; ya que, la superficie está limpia y lista para ponerse en contacto con las plagas y eliminarlas.

El ozono puede afectar el tracto respiratorio e intestinal de los insectos, en especial cuando hay incrementos de temperatura, debido a que aumentan su tasa respiratoria y se facilita el ingreso del gas a su cuerpo (Rozado *et al.*, 2008).

En la Figura 3, se muestra que el tiempo de exposición a ozono causó efecto significativo sobre la mortalidad del gorgojo; incrementándose, a medida que el tiempo aumentó. El porcentaje de mortalidad más alto se dio en la condición (sin maíz y con 300 g de maíz) a los 40 minutos de exposición a O₃ (92,2 %), mientras que el más bajo fue a los 20 minutos obteniendo (55,5 %) de individuos muertos.

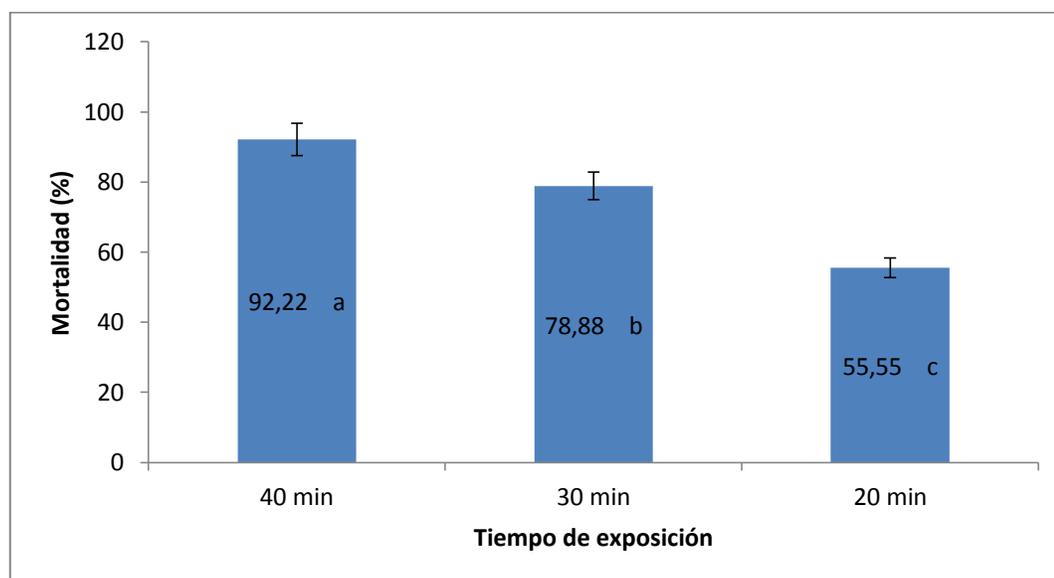


Figura 3. Mortalidad promedio (%) de adultos de *P. frontalis* por efecto del ozono en diferentes tiempos de exposición. Prueba Tukey al 5 %, para la comparación de rangos.

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la Figura 4. Entre la interacción, condición de desarrollo de la plaga por tiempo de exposición al ozono, el porcentaje de mortalidad de *P. frontalis* en los envases sin maíz logró el 100 % en T4 (20 minutos), T5 (30 minutos), y T6 (40 minutos), en comparación de los

individuos que se encontraban en 300 g del sustrato, cuya mortalidad del 84,4 % para T3 (40 minutos) fue la más alta y en T1 (20 minutos) con 11,1 % fue la más baja.

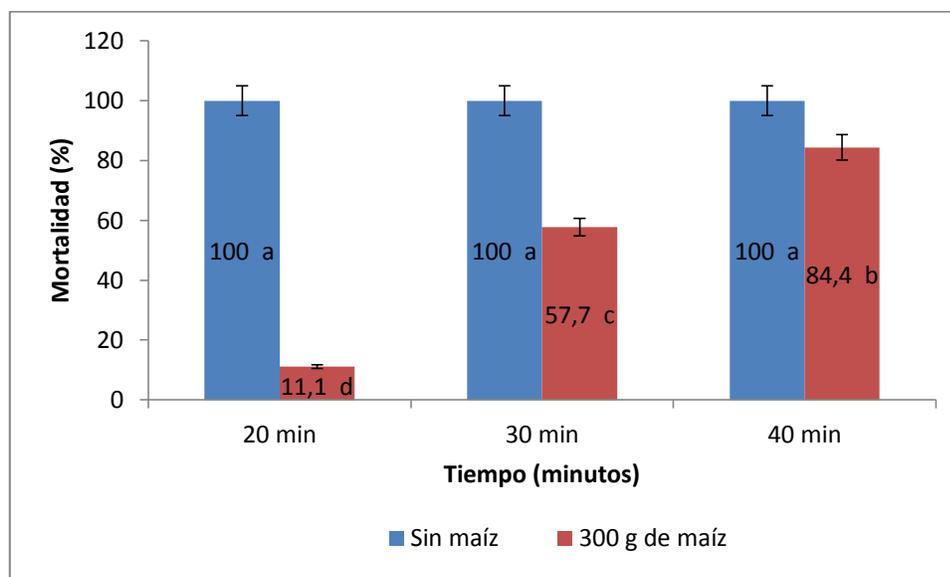


Figura 4. Mortalidad promedio (%) de adultos de *P. frontalis* por efecto de diferentes tiempos de exposición a ozono y la condición de desarrollo de la plaga (300 g de maíz y sin maíz). Prueba Tukey al 5 %, para la comparación de rangos.

Fuente: Elaboración propia.

La baja mortalidad de *P. frontalis* reflejada en los envases con maíz, no solo se relaciona por la presencia de los granos en los envases, también está asociada con los tiempos de exposición a ozono; los cuales, no fueron lo suficientemente altos para que el gas cumpliera la etapa de saturación descrita por Kells *et al.*, (2001); siendo esta, necesaria para que el gas se movilice libremente y tenga contacto con los insectos. Dos Santos *et al.*, (2007) mostraron que el maíz, requirió de 70 minutos, para saturarse de ozono en concentraciones de 100 ppm. Coincidiendo con Kells *et al.*, (2001), la reducción de la primera fase de ozonificación es clave para asegurar la eficacia del ozono como controlador ecológico de plagas.

(Keivanloo, Sadeghi, & Khodaparast, 2014), consiguieron un incremento de mortalidad de *Plodia interpunctella* (H.) aumentando la concentración y los tiempos de exposición a ozono, en cambio (Anandakumar *et al*, 2016); indicaron que el tiempo letal (LT₉₉) para insectos adultos de *L. serricornis* disminuyó a medida que la dosis de ozono aumentó.

En la interacción de los factores versus los testigos existe significancia estadística; aplicando la prueba de Tukey al 5 % para la comparación de rangos, se observa que los factores; es decir, T1 (20 minutos), T2 (30 minutos), T3 (40 minutos), T4 (20 minutos), T5 (30 minutos), y T6 (40 minutos) alcanzaron el porcentaje de mortalidad más alto 75,5 %, en comparación con los testigos T7 testigo relativo (Fosfuro de Aluminio) y T8 (testigo absoluto) que apenas tuvieron el 50 % de mortalidad; por lo tanto, es favorable el uso del ozono para controlar adultos de *P. frontalis*. Figura 5.

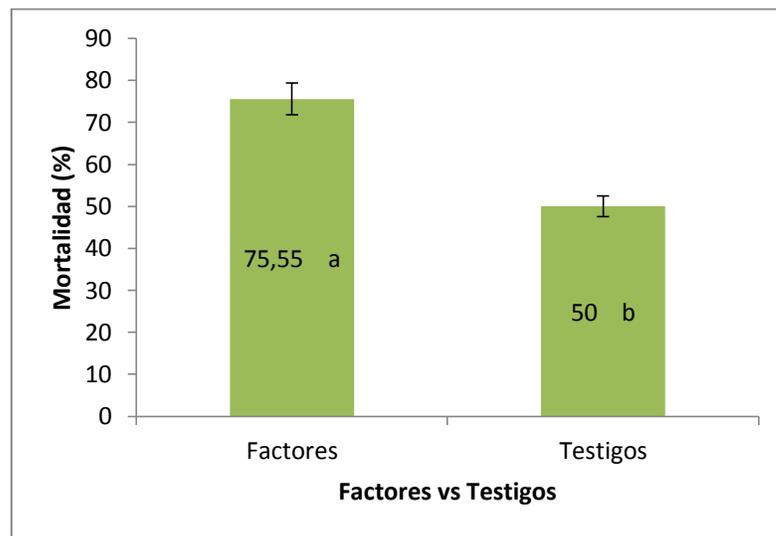


Figura 5. Mortalidad promedio (%) de adultos de *P. frontalis* por efecto de la interacción de los factores vs los testigos. Prueba Tukey al 5 %, para la comparación de rangos.

Fuente: Elaboración propia.

Coincidiendo con Vaca (2019), en el control de *S. zeamais* logró tener mayor porcentaje de mortalidad en los tratamientos que fueron sometidos al ozono con una concentración de 11 ppm alcanzando el 67,3 %, a comparación con los testigos (químico y absoluto) que presentaron un porcentaje del 52 %.

En la Figura 6. Se muestra que el testigo absoluto (T8), no presentó mortalidad (0 %) a lo largo del experimento; por lo tanto, los insectos utilizados para la investigación fueron especímenes jóvenes, algo similar sucedió con (Vaca, 2019) para controlar gorgojo *Sitophilus zeamais* con la aplicación de ozono, quien obtuvo un bajo porcentaje de mortalidad en el testigo absoluto (4 %).

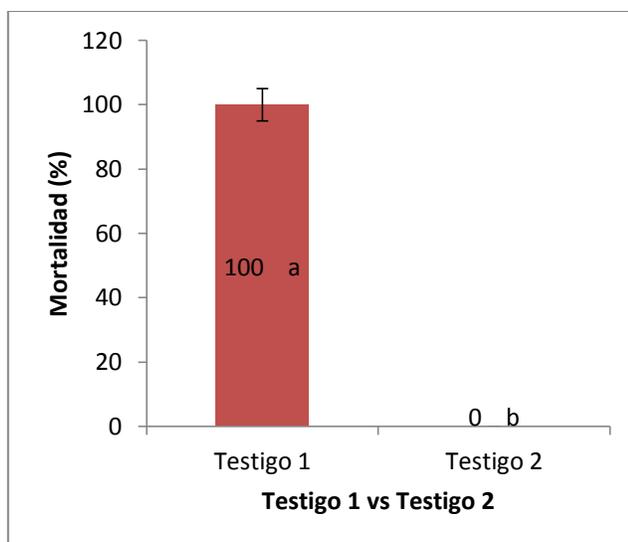


Figura 6. Mortalidad promedio (%) de adultos de *P. frontalis* por efecto de la interacción entre los testigos. Prueba Tukey al 5 %, para la comparación de rangos.

Fuente: Elaboración propia.

El T7 testigo relativo (Fosfuro de Aluminio) bajo la aplicación de 0.10 g, logró el 100 % de mortalidad. Coincidiendo con (Jara, 2018 & Vaca, 2019) quienes tras la aplicación de Fosfuro de Aluminio, alcanzaron una efectividad del 100 % de mortalidad sobre *Sitophilus* spp, en granos de maíz almacenado.

8.2. Análisis de germinación del maíz.

La aplicación de ozono en las semillas de maíz, generó efectos significativos con respecto al porcentaje de germinación; debido a esto, se realizó la prueba de Tukey al 5 %, para la comparación de rangos, Tabla 8.

Tabla 8. ADEVA del efecto de ozono en el porcentaje de germinación de semillas de maíz suave.

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	8573,33	4	2143,33	16,7	0,0006 **
Error		8	128,33		
Total	9640	14			
C.V.				16,66	

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 9, se observa la comparación de rangos para el porcentaje de germinación de semillas de maíz, aplicando la prueba de Tukey al 5 %. Estadísticamente fueron iguales los porcentajes para tratamientos con ozono T1 (20 minutos), T2 (30 minutos), T3 (40 minutos) y T7 testigo relativo (Fosfuro de Aluminio), pero presentaron diferencia estadística con T8 (testigo absoluto). El porcentaje más alto de semillas germinadas es para T3 (40 minutos en exposición al ozono) con un valor de 93,3 % y T8 (testigo absoluto) tuvo el valor más bajo con 23,3 %.

Tabla 9. Prueba de Tukey para la comparación de medias del porcentaje de germinación de las semillas de maíz.

	Tratamientos	Medias	Rangos
T3	40 minutos a ozono	93,3	A
T2	30 minutos a ozono	80	A
T1	20 minutos a ozono	76,6	A
T7	Testigo Relativo (Fosfuro de Aluminio)	66,6	A
T8	Testigo Absoluto	23,3	B

Las medias con letras iguales indican que no hay diferencia significativa entre sí al nivel de significancia = α 0.05, según el método de DMS.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 7, se observa con mayor claridad el efecto del ozono sobre la germinación de semillas de maíz, manteniendo el rango (A) las semillas que fueron expuestas en ozono durante 40, 30 y 20 minutos (T3, T2 y T1) respectivamente, incluido en ese rango el testigo relativo (T7) a comparación del testigo absoluto (T8) quien fue catalogado en el rango (B) por su bajo porcentaje germinativo. Concluyendo que al tratar las semillas con ozono, luego de 7 días, este gas no afecta su porcentaje de germinación; pero, se observó que al incrementarse el tiempo de exposición al ozono, las semillas germinaron con mayor facilidad, esto bien pudo darse por efecto del ozono o pudo estar condicionado por factores de humedad y temperatura de los granos; por lo tanto, queda abierta la investigación para profundizar en estos estudios.

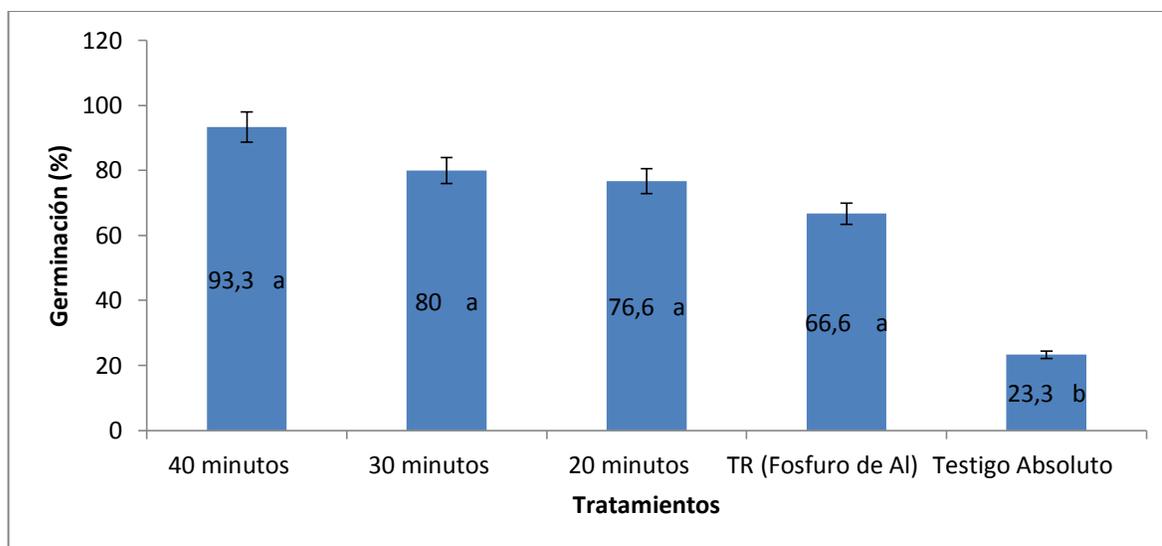


Figura 7. Germinación promedio (%) de maíz a los 7 días por efecto del ozono. Prueba Tukey al 5 %, para comparación de rangos.

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos coinciden con lo expuesto por (Mira, 2011 e Impene *et al.*, 2017), quienes mencionan que el ozono no afecta en el porcentaje de germinación de semillas.

Casini & Santajuliana (2008), afirman que tras investigaciones realizadas en la Universidad de Purdue para el control de insectos con ozono, este gas no causa daño en la calidad culinaria y/o industrial de los granos de maíz, arroz, trigo y soja que fueron utilizados en los tratamientos como fuente alimenticia de las plagas.

El T7 testigo relativo (Fosfuro de Aluminio), presentó porcentaje del 66,6 % de germinación, resultados similares obtuvo Mendoza (2012) tras su investigación con Fosfuro de Aluminio para el control de *Sitophilus zeamais*, quien sostiene que el producto no causó efecto sobre el contenido de humedad, porcentaje de vigor y porcentaje de germinación en semillas de maíz.

Al tratar las semillas de maíz con Fosfuro de Aluminio; estas, presentaron manchas necróticas y presencia de hongos, lo contrario de las semillas tratadas con ozono; las cuales, presentaron efecto fungicida, coincidiendo con (Ribeiro, 2016), quien afirma que el ozono es un fungicida y desintoxicante eficiente de *Aspergillus spp*, *Penicillium spp* y *Fusarium spp* en granos de maíz y no altera su calidad físico-química.

9. IMPACTOS.

Técnicos.

Esta investigación es provechosa en el ámbito económico, ambiental y social, gracias a las nuevas tecnologías generadas a favor de la agricultura, es posible contribuir en el desarrollo de nuestros agricultores buscando alternativas para que los rendimientos de sus cultivos no se vean afectados por el ataque de plagas y enfermedades en poscosecha. Estos agentes generan pérdidas representativas; por lo tanto, el ozono si favorece en la disminución o eliminación total de estas plagas.

Sociales.

La información presente en este trabajo, es en beneficio de todas las personas interesadas, bien sea para propósitos personales o privados; ya que, los resultados alcanzados son positivos para uso agrícola o industrial.

Ambientales.

Esta investigación contribuye en el cuidado del medio ambiente, puede considerarse como una alternativa ecológica para controlar insectos plaga en granos almacenados y así contrarrestar los efectos devastadores de productos tóxicos utilizados con este fin.

Económicos.

No genera un impacto negativo; al contrario, si se utiliza esta información y se lo lleva al trabajo práctico favorece al crecimiento comercial; ya que, se abren las puertas en el mercado al ofertar un producto, libre de plagas y sin contaminantes tóxicos para la salud.

10. CONCLUSIONES.

Los porcentajes de mortalidad obtenidos para el gorgojo del maíz suave *Pagiocerus frontalis* (F.), demostraron la susceptibilidad del mismo a la acción del ozono, bajo condiciones de laboratorio.

- Los mejores tratamientos para el control de *Pagiocerus frontalis* (F.), logrando mortalidad del 100 % son para T4 (20 minutos sin maíz), T5 (30 minutos sin maíz) y T6 (40 minutos sin maíz). El mayor porcentaje de mortalidad de los gorgojos con 84,4 % es en T3 (40 minutos con 300 g de maíz).
- El mejor tratamiento con relación al tiempo de exposición, se efectuó a los 40 minutos alcanzando un porcentaje de mortalidad del 92,22 % (300 g de maíz y sin maíz), con la concentración de ozono de 0.12 mg/L que fue constante en toda la investigación.
- El ozono no tuvo efecto en el porcentaje de germinación en semillas de maíz evaluada a los 7 días, obteniendo el mayor número de semillas germinadas en T3 (40 minutos) con un valor de 93,3 %.

11. RECOMENDACIONES.

- Profundizar los estudios sobre la efectividad del ozono como alternativa para el control del gorgojo de maíz suave *Pagiocerus frontalis* (F.), aumentando la concentración de ozono para lograr el 100 % de su mortalidad, bajo condiciones de desarrollo en presencia de maíz.
- Difundir e incentivar en pequeños, medianos y grandes productores de maíz suave almacenado, acerca del uso de ozono como alternativa ecológica para el control del gorgojo *Pagiocerus frontalis* (F.).
- Investigar sobre el efecto del ozono en granos de maíz suave para evaluar el vigor y porcentaje de germinación de las semillas considerando su humedad antes y después de la aplicación de los tratamientos bajo condición de laboratorio y almacenaje tradicional de granos.
- Aplicar ozono en envases, recipientes, bodegas y/o silos vacíos, como medida preventiva antes del almacenamiento de las semillas para la eliminación de plagas presentes de la cosecha anterior.

12. BIBLIOGRAFÍA.

- Abadía, B., & Bartosik, R. (2013). *Manual de buenas prácticas en poscosecha de granos: Hacia el agregado de valor en origen*. Recuperado de https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_manual_de_buenas_practicas_en_poscosecha_de_granos_reglon_48-2.pdf
- AGROCALIDAD. (2015). *Registro de insumos agrícolas*. Recuperado de <http://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/2015/01/Registro-de-productos-plaguicidas10-01-2015.pdf>
- Anandakumar, S., Sundaramoorthy, S., Alagusundaram, K., & Abirami, C. V. (2016). Effect of ozone fumigation on lasioderma serricorne (F.) and quality of turmeric rhizome. *Indian Journal of Entomology*, 78, 126-132. <https://doi.org/10.5958/0974-8172.2016.00034.1>
- Arencibia Jorge, R., Leyva Rodríguez, Y., Collymore Rodríguez, A., & Araújo Ruiz, J. A. (2006). Producción científica sobre aplicaciones terapéuticas del ozono en el Web of Science. *ACIMED*, 14(1), 0-0. Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1024-94352006000100007&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Banco Central del Ecuador. (2017). *REPORTE DE COYUNTURA SECTOR AGROPECUARIO*. Recuperado de <https://contenido.bce.fin.ec/documentos/PublicacionesNotas/Catalogo/Encuestas/Coyuntura/Integradas/etc201703.pdf>
- Barillas Bonilla, B. O., & Rivera Bernal, J. L. (2008). *Evaluación de la actividad insecticida, repelente y disuasiva alimentaria del extracto etanólico obtenido a partir de la semilla de Annona diversifolia (Anona) sobre el Sitophilus zeamais, Motschulsky (gorgojo de maíz)* (Bachelor, Universidad de El Salvador). Recuperado de <http://ri.ues.edu.sv/2544/>
- Bermejo, V., Alonso, R., Elvira, S., Rábago, I., & García, M. (2009). *El ozono troposférico y sus efectos en la vegetación*. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/264081824_El_ozono_troposferico_y_sus_efectos_en_la_vegetacion
- Bourne, L., Wong, F., Borboa, J., & Cinco, Francisco. (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. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2013.03.008>
- Carvajal Oviedo, H., Arancibia Andrade, B., Leño Palenque, E., & Estrada Vedia, O. (2015). Intoxicación aguda severa por plaguicida tipo fumigante de fosforo de aluminio hospital santa bárbara, 2014 a propósito de un caso clínico. *Revista de Investigación e Información en Salud*, 10(23), 43. Recuperado de http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?script=sci_abstract&pid=&lng=es&nrm=iso&tlng=
- Casini, C., & Santajuliana, M. (2008). Control de Plagas en Granos Almacenados. Recuperado 15 de enero de 2020, de <http://www.cosechaypostcosecha.org/data/articulos/postcosecha/ControlPlagasGranosAlmacenados.asp>
- Castro, R., & Mejía, K. (2011). *PREFERENCIA ALIMENTARIA DE Pagiocerus frontalis EN VARIETADES DE MAÍZ EN EL DISTRITO DE COYA – PROVINCIA DE CALCA*. Recuperado de http://www.avocadosource.com/international/peru_papers/CastroRosa2011.pdf
- Caviedes, M., Yáñez, C., Silva, E., Dobronsky, J., Caicedo, M., Zambrano Mendoza, J. L., & Heredia, J. (2002). Ficha técnica de la variedad de maíz amarillo harinoso INIAP-124 “Mishca Mejorado” para las provincias de Pichincha, Cotopaxi y Tungurahua. *INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Programa de Maíz*, 16. Recuperado de <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/3270>
- CEDAF. (1998). *Cultivo de Maíz* (primera ed). Recuperado de <http://www.cedaf.org.do/publicaciones/guias/download/maiz.pdf>
- Christensen, C. M., & Kaufmann, H. H. (1969). *Grain storage. The role of fungi in quality loss*. Recuperado de <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19701700850>
- 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>
- Dos Santos, J. E., Martins, M. A., D’Antonino Faroni, L. R., Pereira de Andrade, M., & Silva Carvalho, M. C. (2007). Ozonization process: Saturation time, decomposition kinetics and quality of maize grains (*Zea mays* L.). *IOA Conference and Exhibition. Valencia, Spain*, 5.5: 1-6. Recuperado de

- https://www.academia.edu/10896299/Ozonization_process_saturation_time_decomposition_kinetics_and_quality_of_maize_grains_Zea_mays_L._
- Duso, C., Malagnini, V., Pozzebon, A., Castagnoli, M., Liguori, M., & 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>
- Elgueta, M., & Marvaldi, A. (2006). Lista sistemática de las especies de Curculionoidea (Insecta: Coleoptera) presentes en Chile, con su sinonimia. *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural, Chile*, 55, 113-153.
- FAO. (2019). Nota informativa de la FAO sobre la oferta y la demanda de cereales. Recuperado 3 de febrero de 2020, de <http://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/es/>
- FAO. (s. f.). EL MAÍZ EN LOS TRÓPICOS: Mejoramiento y producción. Recuperado 11 de enero de 2020, de <http://www.fao.org/3/x7650s24.htm>
- Gallegos, P., & Vásquez, V. (1994). *Combate del gorgojo del maíz suave en almacenamiento casero mediante el empleo de cal o ceniza*. Recuperado de <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/2569/1/iniapscl1144.pdf>
- García, A., & Laval, E. (2019). *El mercado mundial de los cereales: Temporada 2018/2019, situación política mundial y perspectivas para la próxima década Febrero de 2019*. Recuperado de https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2019/02/articulo-cereales_febrero.pdf
- García Pérez, D. E. (2009). *EVALUACION DE INSECTICIDAS DE CUATRO GRUPOS TOXICOLOGICOS PARA EL CONTROL DE (Sitophilus zeamais) Motschulsky.* Recuperado de <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/4297?show=full>
- García-Lara, S., Espinosa, C., & Bergvinson, D. (2007). *Manual de plagas en granos almacenados y tecnologías alternas para su manejo y control*. México, D.F: CIMMYT.
- Gómez, D., & Aguilera, P. (1982). Biology of *Pagiocerus frontalis* (Fab.) (Coleoptera: Scolytidae) in the northernmost region of Chile [*Zea mays*]. *Idesia*, 6. Recuperado de http://agris.fao.org/agris-search/search.do;jsessionid=C75B3ECBD919F93D349BCB5CA135582C?request_locale

- =ar&recordID=CL19840090388&query=&sourceQuery=&sortField=&sortOrder=&agrovocString=&advQuery=¢erString=&enableField=
- Grande, C., & Orozco, B. (2013). Producción y procesamiento del maíz en Colombia. *Universidad de San Buenaventura*, 11, 97-110. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/1053/105327548008.pdf>
- Greiffenstein, C. (1997). *Manual sobre administración de bodegas de alimentos*. Recuperado de <https://coin.fao.org/coin-static/cms/media/20/13950925849400/c12.pdf>
- Hansen, L. S., Hansen, P., & Jensen, K.-M. V. (2012). Lethal doses of ozone for control of all stages of internal and external feeders in stored products. *Pest Management Science*, 68(9), 1311-1316. <https://doi.org/10.1002/ps.3304>
- Hasan, M., Phillips, W, T., & J, M. (2012). POTENTIAL FOR OZONE FUMIGATION AGAINST ANOBIID BEETLES INFESTING STORED PRODUCTS AS AN ALTERNATIVE TO METHYL BROMIDE. *Navarro S, Banks HJ, Jayas DS, Bell CH, Noyes RT, Ferizli AG, Emekci M, Isikber AA, Alagusundaram K, [Eds.] Proc 9th. Int. Conf. on Controlled Atmosphere and Fumigation in Stored Products, Antalya, Turkey. 15 – 19 October 2012, ARBER Professional Congress Services, Turkey, 260-265*. Recuperado de <http://ftic.co.il/2012AntalyaPDF/SESSION%2003%20PAPER%2009.pdf>
- Hernández, C., Rodríguez, Y., & Niño, Z. (2009). Efecto del Almacenamiento de Granos de Maíz (*Zea mays*) sobre la Calidad del Aceite Extraído. *Información tecnológica*, 20(4), 21-30. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642009000400004>
- Hernández, J., & Puentes, L. (2012). *Manejo Poscosecha de Granos A Nivel de Pequeños Agricultores*. Recuperado de <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/3679/1/086.pdf>
- Hidalgo, Á. L., Olivo, R. C., & Aguirre, C. J. (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. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5599765>
- Impene, I., Valdés, R., Pozo, E., & Cárdenas, M. (2017). Efecto del ozono (O₃) sobre semillas almacenadas del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). *Centro Agrícola*, 44(4), 43-48. Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0253-57852017000400007&lng=es&nrm=iso&tlng=es

- INEC. (2018). *Tabulados de la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria (ESPAC)*. Recuperado de [www.ecuadorencifras.gob.ec › web-inec › espac › espac-2018](http://www.ecuadorencifras.gob.ec/web-inec/espac/espac-2018)
- Isikber, A. A., & Athanassiou, C. G. (2015). The use of ozone gas for the control of insects and micro-organisms in stored products. *Journal of Stored Products Research*, 64, 139-145. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2014.06.006>
- Işikber, A. A., & Öztekin, S. (2009). Comparison of susceptibility of two stored-product insects, *Ephestia kuehniella* Zeller and *Tribolium confusum* du Val to gaseous ozone. *Journal of Stored Products Research*, 45, 159-164. Recuperado de <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201301643572>
- 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.* Recuperado de <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6252/1/AGI-2018-T033.pdf>
- Jian, F., Jayas, D. S., & White, N. D. G. (2013). Can Ozone be a New Control Strategy for Pests of Stored Grain? *Agricultural Research*, 2(1), 1-8. <https://doi.org/10.1007/s40003-012-0046-2>
- Keivanloo, E., Sadeghi, H., & Khodaparast, M. (2014). Effects of Low Ozone Concentrations and Short Exposure Times on the Mortality of Immature Stages of the Indian Meal Moth, *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Plant Protection Research*, 54(3), 267-271. <https://doi.org/10.2478/jppr-2014-0040>
- Kells, S. A., Mason, L. J., Maier, D. E., & Woloshuk, C. P. (2001). Efficacy and fumigation characteristics of ozone in stored maize. *Journal of Stored Products Research*, 37(4), 371-382. [https://doi.org/10.1016/S0022-474X\(00\)00040-0](https://doi.org/10.1016/S0022-474X(00)00040-0)
- Mandujano, E. (2015). *Control biológico de Pagiocerus frontalis Fabr. (Gorgojo granero) con los hongos entomopatógenos: Beauveria brongniartii, B. bassiana y Metarhizium anisopliae.* Recuperado de <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/974/MANDUJANO%20ADRIAN%20EMILY.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Márquez, L., & Pozzolo, O. (2012). *EL ALMACENAMIENTO Y LA CONSERVACIÓN DE LOS GRANOS*. Recuperado de <https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-almacenam.pdf>
- Martínez, J. (s. f.). *Ecología, Biología e Identificación de Insectos de Productos Almacenados*. Recuperado de _____ de _____

<http://apps2.semarnat.gob.mx:8080/sissao/archivos/Josu%C3%A9%20Leos%20-%20Ecologia,%20biología%20e%20identificaci%C3%B3n%20insectos.pdf>

- Mendez, F., Maier, D. E., Mason, L. J., & Woloshuk, C. P. (2003). Penetration of ozone into columns of stored grains and effects on chemical composition and processing performance. *Journal of Stored Products Research*, 1(39), 33-44. Recuperado de <https://www.ozonegenerator20000.com/ozone-science/Penetrationofozoneintocolumnsofstoredgrainsandeffectsonchemicalcompositionandprocessingperformance.pdf>
- Mendoza, G. (2012). *Efecto de frecuencia de aplicación y tiempo de exposición al fosforo de aluminio (ALP) en la calidad de semilla de maíz en Zamorano*. 27. Recuperado de <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/1007/1/AGI-2012-T030.pdf>
- Mira Falcón, Y. (2011). *Efecto del ozono (O3) sobre adultos de Zabrotes subfasciatus (Bohemann) y granos de frijol común*. Recuperado de <http://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/1887/Yuleiky%20Mira%20Falcon.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Mira, Y. (2011). *Efecto del ozono (O3) sobre adultos de Zabrotes subfasciatus (Bohemann) y granos de frijol común* (Thesis, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas). Recuperado de <http://dspace.uclv.edu.cu:8089/xmlui/handle/123456789/1887>
- 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. *Loja: Universidad Nacional de Loja*, 12-13. Recuperado de <http://dspace.unl.edu.ec//handle/123456789/12990>
- Murray, S. (1998). *Silvicultura Urbana y Periurbana en Quito, Ecuador: Estudio de Caso*. Recuperado de <http://www.fao.org/3/W7445S/W7445S00.htm>
- Ospina Rojas, J. G. (2015). *Manual técnico del cultivo de maíz bajo buenas prácticas agrícolas*. Medellín, Colombia: Gobernación de Antioquia, Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural.
- Padilla, O. (2015). *Metodologías de tratamiento del gorgojo Sitophilus zeamais en maíz almacenado, como un aporte al manejo agroecológico de plagas*. 70. Recuperado de <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/9026>
- Pasquel, J. (2016). *EVALUACIÓN DE DOS COMPUESTOS BALANCEADOS DE MAÍZ SUAVE "MISHCA" (Zea mays L.) PROVENIENTES DE MEDIOS HERMANOS Y HERMANOS*

- COMPLETOS, ASCÁZUBI, PICHINCHA. Recuperado de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/6752/5/T-UCE-0004-08.pdf>
- Peña Quiroz, J. L. (2011). *Evaluacion de la produccion de chilote en el cultivo de maiz (Zea mays L.) variedad HS-5G utilizando sustratos mejorados y determinacion de los coeficientes «Kc» y «Ky», bajo riego, Finca Las Mercedes, Managua 2009* (Engineer, Universidad Nacional Agraria, UNA). Recuperado de <http://repositorio.una.edu.ni/2145/>
- Ramírez, R., & Sáinz, R. (s. f.). El ozono en la agricultura y el bienestar. Recuperado 15 de enero de 2020, de <https://www.monografias.com/trabajos81/ozono-agricultura-y-bienestar/ozono-agricultura-y-bienestar.shtml>
- Ribeiro, D. (2016). *OZÔNIO COMO AGENTE FUNGICIDA E DE DEGRADAÇÃO DE MICOTOXINAS EM HÍBRIDOS DE MILHO*. Recuperado de <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/154691/1/Marco-Aurelio-dissertacao-Daniel.pdf>
- Rozado, A. F., Faroni, L. R. A., Urruchi, W. M. I., Guedes, R. N. C., & Paes, J. L. (2008). Ozone application against *Sitophilus zeamais* and *Tribolium castaneum* on stored maize. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 12(3), 282-285. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662008000300009>
- Solano, Y., Triana, J., Ávila, R., Hernández, D., & Morales, J. (2017). Efecto del ozono sobre adultos del gorgojo del cigarrillo, *Lasioderma serricorne* (F.) (Coleoptera: Anobiidae). *Idesia (Arica)*, 35(2), 41-47. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292017005000007>
- Souza, J. V. da S., Alencar, E. R. de, Junqueira, A. M. R., Oliveira, G. P. de, Souza, J. V. da S., Alencar, E. R. de, ... Oliveira, G. P. de. (2018). Ozone saturation and decomposition kinetics in porous medium containing different hybrids of maize. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 22(4), 286-291. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n4p286-291>
- Suquilanda, M. (2012). *Producción Orgánica de Cultivos Andinos, (Manual Técnico)*. Recuperado de http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/mountain_partnership/docs/1_produccion_organica_de_cultivos_andinos.pdf
- Tapia, O. (2013). *Control orgánico del gorgojo del maíz (Sitophilus zeamais), en semillas almacenadas de Chulpi (Zea mays var rugosa) con ajenjo «Santa María» (Parthenium*

- hysterophorus*) y romero (*Rosmarinus officinalis*). Quito-Ecuador 2012. 113. Recuperado de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/4777/6/UPS-YT00175.pdf>
- Tecnozono. (2018, agosto 24). Ozono. Recuperado 15 de enero de 2020, de Tecnozono website: <https://www.tecnozono.com/ozono/>
- Top Ozono. (2017). *Ozono en el Control de plagas de granos almacenados*. Recuperado de <https://topozono.com/MegaArchivos/Tratamiento%20CONTROL%20PLAGAS%20GRANOS%20ALMACENADOS.pdf>
- Torres, A., Esparza, B., González, C., & Torres, R. (2016). PLAGAS DE GRANOS ALMACENADOS. *Artrópodos y Salud*, 6(2), 27-32.
- Vaca. (2019). *Evaluación del efecto del Ozono (O3) en el control del gorgojo (Sitophilus zeamais) en granos almacenados*. Recuperado de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/13291>
- Vidales, M. (1991). *Plantas tropicales en el control del gorgojo Sitophilus zea mais mots, (Coleoptera: Curculionidae) en maíz almacenado* (Masters, Universidad Autónoma de Nuevo León). <http://eprints.uanl.mx/210/1/1080063202.PDF>
- Wendt, E., & Schulz, F. (1990). *Studies on the biology and ecology of Pagiocerus frontalis (Fabricius) (Coleoptera: Scolytidae) infesting stored maize in Ecuador*. Presentado en 5. International working conference on stored-product protection, Bordeaux (France), 9-14 Sep 1990, Ecuador. Recuperado de <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=FR9205499>
- Wille, E. (2008). *Entomología Agrícola del Perú*. Lima, Perú: Sanidad vegetal.
- Yáñez G., C., Zambrano Mendoza, J. L., Caicedo, M., & Heredia, J. (2013). *El cultivo de maíz de altura*. 32. Recuperado de <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2435>

13. AVAL DE TRADUCCIÓN

14. ANEXOS.

Anexo 1. Pesaje de maíz para inocularlo con *P. frontalis* (10 kg)



Anexo 2. Reproducción de *P. frontalis*.



Anexo 3. Etapas fenológicas de *P. frontalis*.



Anexo 4. Envases con 300 g de maíz.



Anexo 5. Medición de concentración de ozono.



Anexo 6. Insectos incorporados en los envases.



Anexo 7. Aplicación del ozono.



Anexo 8. Aplicación del ozono cronometrado para los diferentes tiempos de exposición.



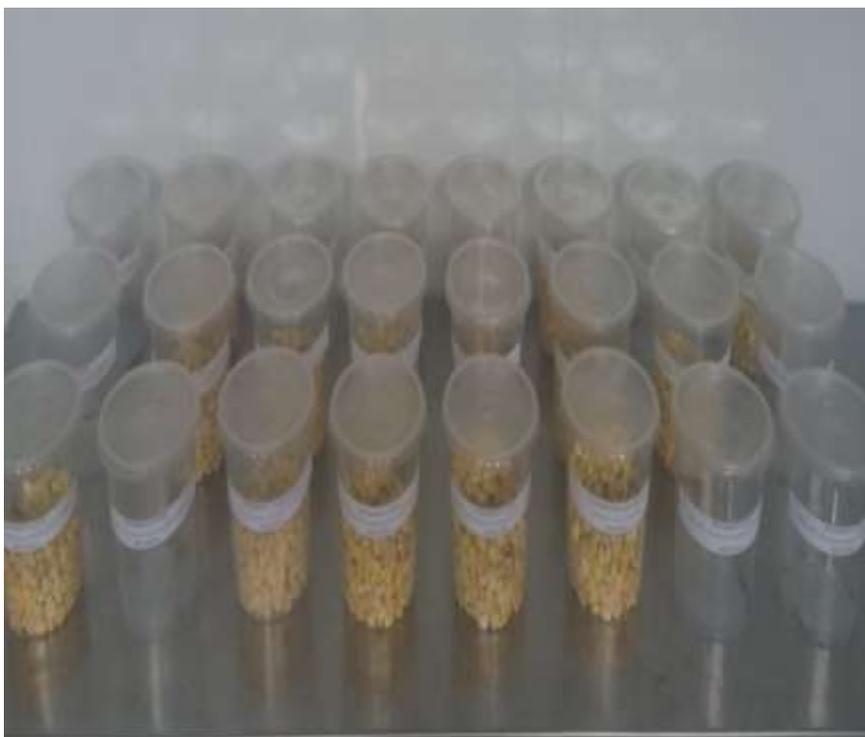
Anexo 9. Equipo de protección para la aplicación de Fosfuro de Aluminio (Gastoxin).



Anexo 10. Pesaje de 0.10 g de Fosfuro de Aluminio (Gastoxin) para los tratamientos.



Anexo 11. Tratamientos con aplicación de ozono.



Anexo 12. Gastoxin después de 48 horas de su aplicación.



Anexo 13. Separación de gorgojos con un tamiz para el conteo de mortalidad.



Anexo 14. Muestreo destructivo del grano de maíz.



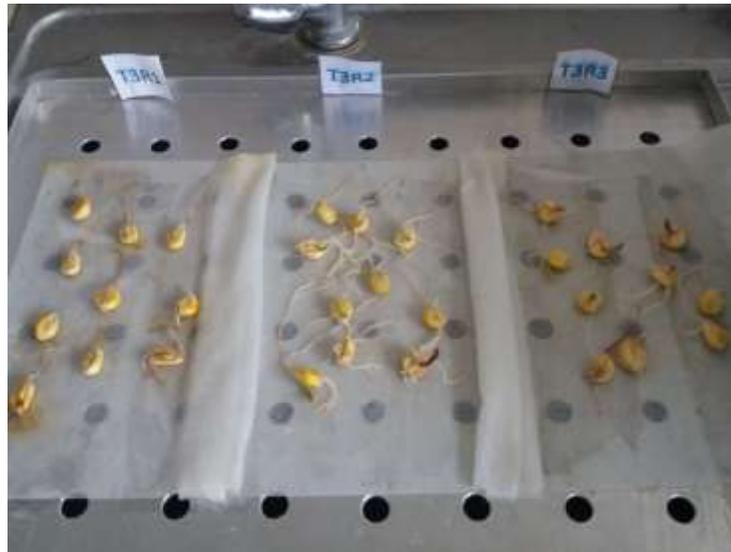
Anexo 15. Conteo de la mortalidad de los gorgojos, tras destrucción de los granos infestados.



Anexo 16. Germinación de las semillas después de ser sometidas al ozono.



Anexo 17. Conteo del porcentaje de germinación de semillas de maíz suave (*Zea mays* L.).



Anexo 18. Libro de campo del porcentaje de germinación de semillas de maíz.

LIBRO DE CAMPO PARA EL REGISTRO DE DATOS DE LA GERMINACIÓN (%)										
CICLO ACADÉMICO OCTUBRE - FEBRERO 2020										
									FORMATO 1	
SEDE: Universidad Técnica de Cotopaxi										
FACULTAD: Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales "CAREN"										
CARRERA DE: Ingeniería Agronómica										
PROYECTO DE TITULACIÓN II: "Evaluación del efecto de ozono (O3) en el control de gorgojo Pagiocerus frontalis (F.), en granos almacenados de maíz suave (<i>Zea mays</i> L.), en la Provincia Cotopaxi, Campus Experimental Salache, Proyecto Granos Andinos 2020"										
NOMBRE DEL ESTUDIANTE: Cevallos Taxi Samuel Federico										
DOCENTE TUTOR: Ing. Mg. Marco Antonio Rivera Moreno										
FECHA DE REGISTRO: Lunes 13 de Enero del 2020.										
BLOQUE I	T1		T2		T3		T7		T8	
NVI	10									
DESCRIPCIÓN	GERMINADAS	NO GERMINADAS								
CONTEO	8	2	6	4	9	1	7	3	3	7
MORTALIDAD	80		60		90		70		30	
BLOQUE II	T1		T2		T3		T7		T8	
NVI	10									
DESCRIPCIÓN	GERMINADAS	NO GERMINADAS								
CONTEO	7	3	9	1	10	0	6	4	3	7
MORTALIDAD	70		90		100		60		30	
BLOQUE III	T1		T2		T3		T7		T8	
NVI	10									
DESCRIPCIÓN	GERMINADAS	NO GERMINADAS								
CONTEO	8	2	9	1	9	1	7	3	1	9
MORTALIDAD	80		90		90		70		10	

Anexo 19. Libro de campo de la mortalidad de *P. frontalis*

LIBRO DE CAMPO PARA EL REGISTRO DE DATOS DE LA MORTALIDAD A LAS 48 HORAS																
CICLO ACADÉMICO OCTUBRE - FEBRERO 2020																
FORMATO 1																
SEDE: Universidad Técnica de Cotopaxi.																
FACULTAD: Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales "CAREN".																
CARRERA DE: Ingeniería Agronómica.																
PROYECTO DE TITULACION II: "Evaluación del efecto de ozono (O3) en el control de gorgojo Pagiocerus frontalis (F.), en granos almacenados de maíz suave (Zea mays L.), en la Provincia Cotopaxi, Campus Experimental Salache, Proyecto Granos Andinos 2020"																
NOMBRE DEL ESTUDIANTE: Cevallos Taxi Samuel Federico.																
DOCENTE TUTOR: Ing. Marco Antonio Rivera Moreno Mg.																
FECHA DE REGISTRO: Lunes 06 de Enero del 2020.																
BLOQUE I	T1		T2		T3		T4		T5		T6		T7		T8	
NVI	30		30		30		30		30		30		30		30	
DESCRIPCIÓN	VIVOS	MUERTOS	VIVOS	MUERTOS	VIVOS	MUERTOS	VIVOS	MUERTOS	VIVOS	MUERTOS	VIVOS	MUERTOS	VIVOS	MUERTOS	VIVOS	MUERTOS
CONTEO	26	4	14	16	3	27	0	30	0	30	0	30	0	30	30	0
MORTALIDAD (%)	13,33333333		53,33333333		90		100		100		100		100		0	
BLOQUE II	T1		T2		T3		T4		T5		T6		T7		T8	
NVI	30		30		30		30		30		30		30		30	
DESCRIPCIÓN	VIVOS	MUERTOS	VIVOS	MUERTOS	VIVOS	MUERTOS	VIVOS	MUERTOS	VIVOS	MUERTOS	VIVOS	MUERTOS	VIVOS	MUERTOS	VIVOS	MUERTOS
CONTEO	27	3	13	17	5	25	0	30	0	30	0	30	0	30	30	0
MORTALIDAD (%)	10		56,66666667		83,33333333		100		100		100		100		0	
BLOQUE III	T1		T2		T3		T4		T5		T6		T7		T8	
NVI	30		30		30		30		30		30		30		30	
DESCRIPCIÓN	VIVOS	MUERTOS	VIVOS	MUERTOS	VIVOS	MUERTOS	VIVOS	MUERTOS	VIVOS	MUERTOS	VIVOS	MUERTOS	VIVOS	MUERTOS	VIVOS	MUERTOS
CONTEO	27	3	11	19	6	24	0	30	0	30	0	30	0	30	30	0
MORTALIDAD (%)	10		63,33333333		80		100		100		100		100		0	

Anexo 20. Datos ordenados en matriz, del porcentaje de mortalidad *P. frontalis*, para ingresarlos al InfoStat.

Tratamientos	Condición de envases (A)	Tiempos de exposición (B)	Bloques	Mortalidad (%)
T1	300 g de maíz	20 minutos	1	13,30
T2	300 g de maíz	30 minutos	1	53,30
T3	300 g de maíz	40 minutos	1	90,00
T4	Sin maíz	20 minutos	1	100,00
T5	Sin maíz	30 minutos	1	100,00
T6	Sin maíz	40 minutos	1	100,00
T1	300 g de maíz	20 minutos	2	10,00
T2	300 g de maíz	30 minutos	2	56,70
T3	300 g de maíz	40 minutos	2	83,30
T4	Sin maíz	20 minutos	2	100,00
T5	Sin maíz	30 minutos	2	100,00
T6	Sin maíz	40 minutos	2	100,00
T1	300 g de maíz	20 minutos	3	10,00
T2	300 g de maíz	30 minutos	3	63,30
T3	300 g de maíz	40 minutos	3	80,00
T4	Sin maíz	20 minutos	3	100,00
T5	Sin maíz	30 minutos	3	100,00
T6	Sin maíz	40 minutos	3	100,00
T7			1	100,00
T7			2	100,00
T7			3	100,00
T8			1	0,00
T8			2	0,00
T8			3	0,00

Anexo 21. Datos ordenados en matriz, del porcentaje de germinación de las semillas de maíz, para ingresarlos en InfoStat.

Tratamientos	Tiempos de exposición en O3	Bloques	Germinación (%)
T1	20 minutos	1	80
T1	20 minutos	2	70
T1	20 minutos	3	80
T2	30 minutos	1	60
T2	30 minutos	2	90
T2	30 minutos	3	90
T3	40 minutos	1	90
T3	40 minutos	2	100
T3	40 minutos	3	90
T7	TR (Fosfuro de Aluminio)	1	70
T7	TR (Fosfuro de Aluminio)	2	60
T7	TR (Fosfuro de Aluminio)	3	70
T8	Testigo absoluto	1	30
T8	Testigo absoluto	2	30
T8	Testigo absoluto	3	10