



FACULTAD DE INGENIERÍA

INFORME DE PRÁCTICAS PROFESIONAL

**ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE UNA NUEVA FORMULACIÓN DE
POLVO HUMECTABLE COMO INSECTICIDA CONTRA EL GORGOJO
DE ARROZ, *Sitophilus oryzae* (L.) (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE)
DESARROLLADO EN EL MOLINO DIANA CORPORACIÓN S.A.S**

**PROYECTO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO QUÍMICO.**

Autor:
ANGELO SMITH VARELA LIZCANO
Docente:
CARLA STEPHANNY CÁRDENAS BUSTOS
Jefe inmediato:
CINDY POTE

INGENIERÍA QUÍMICA

Noviembre del 2022

Yopal – Colombia

DEDICATORIA

“Siempre has sido el motor de mis sueños y esperanzas, siempre estuvieron a mi lado en los días y noches más difíciles de mis estudios. Siempre han sido mi mejor guía en la vida. Hoy, al culminar mis estudios, les dedico este logro a ustedes, queridos padres, como una meta más cumplida. Estoy orgulloso de que sean mis padres y hayan estado conmigo en este momento tan importante”.

AGRADECIMIENTO

- ❖ A mis padres Jaime Enrique Varela Boada y María concepción Lizcano leal que siempre confiaron en mí, que siempre me apoyan en los momentos difíciles, a ellos porque son la razón de mi existir.
- ❖ A mi Hermana Katerin Varela Lizcano que me alentó siempre a salir adelante y enfrentarme a cualquier adversidad con la frente en alto.
- ❖ A la Universidad de pamplona, Facultad de ingeniería y arquitecturas, por darme la oportunidad de formarme en sus aulas y así asimilar los conocimientos para mi formación académica y profesional que me servirá para poder desenvolverme plenamente en el campo de mi carrera y en la sociedad que espera de mí.
- ❖ A la Familia Diana Corporación S.A.S por brindarme la oportunidad de aprender, de experimentar nuevos conocimientos, de abrirme las puertas en tan maravillosa empresa.
- ❖ Le agradezco a todos mis amigos y conocidos que me brindaron su apoyo en los momentos más difíciles y siempre confiaron mis capacidades, siempre estaré agradecido por brindarme su amistad y regalarme la motivación necesario para nunca desistir.

CONTENIDO

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTO	II
CONTENIDO	III
RESUMEN	VII
ABSTRACT	VIII
I. PROBLEMA DE INVESTIGACION	1
1.1 Planteamiento del Problema	1
1.2 Objetivos	3
1.2.1 Objetivo general	3
1.2.2 Objetivo Especifico	3
1.3 Fundamentación Teórica	4
1.3.1 Antecedentes de la Investigación	4
1.3.2 Marco Teórica	10
1.3.2.1 Reseña Histórica de Diana Corporación S.A.S	10
1.3.2.2 Producción de Arroz en Colombia	11
1.3.2.3 Generalidades sobre el Arroz y su Cultivo.	13
1.3.3 Normativa nacional de plaguicidas y desinfectantes.	22
1.3.4. Definición de Términos	23
II. MARCO METODOLOGICO	24
2.1 Hipótesis o pregunta de investigación	24
2.2 Diseño de Investigación	25
2.3 Población y Muestra	26
2.4 Metodología de los Bioensayos	27
2.4.1 Metodología del bioensayo a escala de laboratorio.	27
2.4.2 Metodología del bioensayo a escala piloto.	29
2.4.3 Infestación de los gorgojos <i>Sitophilus oryzae</i>	31
2.4.4 Características de temperatura y humedad del arroz paddy.	32
2.4.5 Tratamientos.	32
2.4.6 Formulaciones de Polvos Humectables.	33
III. RESULTADOS	33
3.1 Resultados y análisis	33
3.1.1 Selección de las sales minerales con potenciales características insecticidas.	33
3.1.2 Resultados de los bioensayos a escala de laboratorio para determinar la mortalidad.	37
3.1.3 Resultados de los bioensayos a escala piloto mediante silos de prueba.	42
3.2 Discusiones	44

3.3 Conclusiones	46
3.4 Recomendaciones.	48
IV REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49
V. ANEXOS	51
Anexo A. Formulaciones de polvo Humectable como posibles insecticidas en contra del gorgojo de arroz <i>Sitophilus oryzae</i> .	51
Anexo B. Infestaciones realizados en las pruebas a escala laboratorio.	55
Anexo C. Metodología del bioensayo a escala piloto mediante el silo de prueba agregando la formulación F3.1-F3.2.	56
Anexo D. Silos de prueba utilizados en los bioensayos a escala piloto.	57
Anexo E. Prueba adicional para determinar el nivel de blancura	58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Área sembrada (HA) y principales departamentos arroceros I semestre 2021 – 2022 (DANE, 2022).....	5
Figura 2. Gorgojos del trigo (izquierda) y del arroz (derecha) vistos por encima. Muy aumentados(Juan & Sicilia, 1955).	7
Figura 3. La plata más tecnificada del Grupo Diana S.A.S ubicada en Yopla-Casanare 2006 (Grupo Diana S.A.S, 2019).....	11
Figura 4. Serie producción de arroz mecanizado Principales departamentos arroceros de Colombia en Semestre I (2010-2022) (DANE, 2022).	12
Figura 5. Gorgojo del arroz: <i>S. oryzae</i> (Congresos et al., 2019).....	16
Figura 6. <i>S. oryzae</i> : adulto y larva (Congresos et al., 2019).	17
Figura 7. Etiqueta de identificación y uso industrial del -Eco-Eff. (Fuente: propia)	25
Figura 8. Silos de prueba empleados en el proyecto.	26
Figura 9. Sales minerales Utilizados para la Elaboración de la nueva formulación (Fuente: propia).	28
Figura 10. Las 5 formulaciones estudiadas en el primer ensayo a escala laboratorio.	29

Figura 11. Aspersión y recubrimiento en la base del silo con Eco-Eff. (Fuente: propia 5-11-2022)	30
Figura 12. Aspersión y recubrimiento de Eco-Eff en la parte intermedia del Silo. (Fuente: propia 5-11-2022).....	30
Figura 13. Aspersión y recubrimiento con Eco-Eff en la parte superior del silo. (Fuente: propia 5-11-2022).....	31
Figura 14. Nueve gorgojos muertos luego de 15 días de tratamiento con la formulación Eco-Eff (Fuente: propia 29-10-2022)	32
Figura 15. Porcentaje del número de gorgojos vivos y muertos 24 horas después del tratamiento.	37
Figura 16. Porcentaje del número de gorgojos vivos y muertos (<i>sitophilus oryzae</i>), a 48 horas después del tratamiento.	38
Figura 17. Porcentaje del número de gorgojos vivos y muertos (<i>sitophilus oryzae</i>), a 72 horas después del tratamiento (Fuentes: Datos Evaluados).	39
Figura 18. Porcentaje del número de gorgojos vivos y muertos (<i>sitophilus oryzae</i>), a 168 horas después del tratamiento (Fuentes: Datos Evaluados).	40
Figura 19. Porcentaje del número de gorgojos vivos y muertos (<i>sitophilus oryzae</i>), a 360 horas después del tratamiento.	41
Figura 20. Arroz integral Luego del proceso de Trillado, muestra Almacenada con Eco-Eff.	43
Figura 21. Arroz integral Luego del proceso de Trillado, muestra Almacenada con F3.0.....	44
Figura 22. Formulación F1.1 que contenía (75% SiO ₂ - 25% NaHCO ₃) (Fuente: propia)	51
Figura 23. Formulación F1.2 que contenía (75% SiO ₂ - 25% NaHCO ₃) (Fuente: propia)	51
Figura 24. Formulación F2.1 que contenía (75% Al ₂ O ₃ -25% NaHCO ₃) (Fuente: propia)	52
Figura 25. Formulación F2.2 que contenía (75% Al ₂ O ₃ -25% NaHCO ₃) (Fuente: propia)	52
Figura 26. Formulación F3.1 que contenía (75% Fe ₂ O ₃ -25% NaHCO ₃) (Fuente: propia)	53
Figura 27. Formulación F3.2 que contenía (75% Fe ₂ O ₃ -25% NaHCO ₃) (Fuente: propia)	53
Figura 28. Formulación F4.1 que contenía (75% Na ₂ [B ₄ O ₅ (OH) ₄]·8H ₂ O- 25% NaHCO ₃) (Fuente: propia)	53

Figura 29. Formulaci3n F4.2 que contenía (75% Na ₂ [B ₄ O ₅ (OH) ₄]·8H ₂ O- 25% NaHCO ₃) (Fuente: propia).....	54
Figura 30. Formulaci3n F5.1 que contenía (100% Eco-Eff) (Fuente: propia)	54
Figura 31 Formulaci3n F5.2 que contenía (100% Eco-Eff) (Fuente: propia)	54
Figura 32. 10 gorgojos muertos luego de 15 días de tratamiento con la formulaci3n F3.2 (Fuente: propia 29-10-2022)	55
Figura 33. Gorgojos alineándose en el interior del arroz paddy seco formulaci3n F5.0 (fuente: propia 15.10.2022)	55
Figura 34 Aspersi3n y recubrimiento en la base del silo con F3.0 (Fuente: propia 5-11-2022)	56
Figura 35. Aspersi3n y recubrimiento en la parte intermedia del silo con F3.0 (Fuente: propia 5-11-2022)	56
Figura 36. Aspersi3n y recubrimiento con F3.0 en la parte superior del silo. (Fuente: propia 5-11-2022)	57
Figura 37. Silos de prueba empleados en el bioensayo a escala piloto.	57
Figura 38. Pasando la muestra F3,0 por el Motonco para determinar el nivel de humedad.....	58
Figura 39. Agregando la muestra almacenada con la formulaci3n F3.0 por el Scalper.	58
Figura 40. Muestra ingresada al Zaccarias para el proceso de trillado.....	59

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Bioensayos a escala piloto mediante silos de prueba durante un mes.....	42
--	----

RESUMEN

Existen grandes diferencias en la manera de combatir el desarrollo de plagas en alimentos almacenados, el método más frecuente es el uso de insecticidas y plaguicidas que a pesar de su efectividad traen grandes repercusiones al medio ambiente y a la salud del ser humano. En el presente proyecto de grado titulado "Análisis y comparación de una nueva formulación de polvo humectable como insecticida contra el gorgojo de arroz, *sitophilus oryzae* (l.) (coleoptera: curculionidae) desarrollado en el molino diana corporación S.A.S". consiste en determinar el período de toxicidad de unas nuevas formulaciones de polvo humectable que se asemeje a la eficiencia del eco-Eff y que se pueda aplicar en el control de arroz paddy seco almacenado en el molino Diana. Se aplicó las formulaciones seleccionadas previamente mediante una revisión bibliográfica sobre frescos de plásticos los cuales serán los bioensayos a estudiar y se observó la mortalidad de adultos de *S. Oryzae* no sexualizados en intervalos de tiempo de 24, 48, 72, 168 y 360 horas. Se analizaron 5 tratamientos los cuales contenían F1.0($\text{SiO}_2\text{-NaHCO}_3$), F2.0($\text{Al}_2\text{O}_3\text{-NaHCO}_3$), F3.0($\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-NaHCO}_3$), F4.0(Bórax- NaHCO_3), F5.0(Eco-Eff) y la formulación testigo F6.0, la cual no incluye formulación alguna. Cada tratamiento consta de 10 gorgojos, 50 gr de paddy seco y dos repeticiones por cada formulación realizada. la evaluación culmina a los 15 días luego de obtener diferencias significativas en cada tratamiento debido a la toxicidad de cada formulación.

Palabras clave: Eco-Eff, fumigantes, insecticidas y *Sitophilus oryzae*.

ABSTRACT

There are great differences in the way to combat the development of pests in stored food, the most frequent method is the use of insecticides and pesticides that, in spite of their effectiveness, have great repercussions on the environment and human health. In this degree project entitled "Analysis and comparison of a new formulation of wettable powder as an insecticide against the rice weevil, *Sitophilus oryzae* (L.) (coleoptera: curculionidae) developed in the Diana Mill Corporation S.A.S." consists of determining the toxicity period of new formulations of wettable powder that resembles the efficiency of eco-Eff and that can be applied in the control of dry paddy rice stored in the Diana Mill. The formulations previously selected through a bibliographic review were applied on fresh plastics, which will be the bioassays to be studied, and the mortality of non-sexualized *S. Oryzae* adults was observed at time intervals of 24, 48, 72, 168 and 360 hours. Five treatments were tested containing F1.0($\text{SiO}_2\text{-NaHCO}_3$), F2.0($\text{Al}_2\text{O}_3\text{-NaHCO}_3$), F3.0($\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-NaHCO}_3$), F4.0(Borax-NaHCO_3), F5.0(Eco-Eff) and the control formulation F6.0, which does not include any formulation. Each treatment consisted of 10 weevils, 50 g of dry paddy and two replicates for each formulation. the evaluation was completed after 15 days after obtaining significant differences in each treatment due to the toxicity of each formulation.

Key words: Eco-Eff, fumigants, insecticides and *Sitophilus oryzae*.

I. PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1 Planteamiento del Problema

La producción de grano a nivel mundial se ve afectado en gran medida debido a las plagas de insectos durante el almacenamiento (Taddese et al., 2020; Hong et al., 2018; Hakbijl, 2002) Por ejemplo, el arroz es un cereal de importancia mundial utilizado en la alimentación humana, crece en forma óptima en las zonas tropicales y subtropicales (Jiménez Miguel, 2021). Los granos almacenados constituyen un agro ecosistema complejo. Esto se debe a que se producen una serie de interacciones entre luz, temperatura, humedad y agentes bióticos (insectos y hongos). Después de la cosecha los cereales pueden ser atacados por numerosos insectos y los daños que estos causan pueden ser directos e indirectos (Pereira, 2010). El gorgojo del arroz, *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae), es una de las plagas de productos almacenados más importantes y especialmente dañina en el arroz paddy almacenado. Esta plaga, junto con el picudo del maíz *S. zeamais* Motschulsky, 1855 y el picudo del granero *S. granarius* (L.) pueden infectar una gran variedad de productos como cereales, leguminosas, semillas, plantas aromáticas y medicinales, así como otras especies vegetales (Ertürk et al., 2020). Adicionalmente, la infestación aumenta la temperatura y el contenido de humedad de los granos almacenados, lo que puede favorecer el desarrollo de hongos que genera un mayor daño para el producto final.

Actualmente, las principales herramientas de control contra las plagas de productos almacenados son Los insecticidas y fumigantes (Ertürk et al., 2020). Sin

embargo, el control y manejo de productos almacenados infectados con plagas se ha vuelto más difícil hoy en día, ya que muchas plagas han desarrollado resistencia a los insecticidas (Collins et al., 2005; Daglish, 2004 ; Sakka et al., 2022). Además, las demandas de los consumidores de productos libres de químicos aumentan continuamente y dichos productos se venden a precios más altos (Pimentel et al., 2010; Benhalima et al., 2004). Por esta razón, los esfuerzos se han dirigido en el desarrollo de métodos de control alternativos que sean respetuosos con el medio ambiente, seguros y con un impacto pequeño o nulo.

Uno de estos productos novedosos y que no genera ningún impacto al medio ambiente es el Eco-Eff, el cual es una formulación tecnológica, alimentaria industrial, que representa una alternativa a los pesticidas químicos en cara a la protección constante, natural y eficaz de materias primas alimentarias y alimentos, frente a la ofrecida por medio de la aplicación de plaguicidas y acaricidas químicos -tóxicos de acción puntual o sostenible, que representan riesgo para la salud en los seres humanos, animales, el medio ambiente y el planeta en general (ND Pharma & Biotech, 2020). El inconveniente con estos productos eco-amigables radica en su exclusividad. ya que, al ser un producto que presenta grandes beneficios en el control de plagas tales como: elevadas eficiencias, sin plazos de seguridad, sin tóxicos-químicos y no generan resistencias (ND Pharma & Biotech, 2020). lamentablemente genera a su vez grandes costos por su aplicación a nivel industrial. Por consiguiente es necesario buscar nuevas alternativas que sean más económicas y su vez generen el mismo impacto en contra de esta gran problemática que afecta el sector agroindustrial. Por lo tanto, este proyecto lo que buscó fue desarrollar una

nueva formulación de polvo humectable como insecticida contra el gorgojo de arroz, *S. oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) que posea propiedades similares al Eco-Eff y disminuir los costos relacionados con la aplicación en el proceso de almacenamiento.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

- Desarrollar una nueva formulación de polvo humectable como insecticida contra el gorgojo de arroz, *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) que posea propiedades similares al Eco-Eff.

1.2.2 Objetivo Especifico

- Establecer las sales minerales que poseen efecto insecticida contra el gorgojo del arroz, *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) a partir de una revisión bibliográfica.
- Determinar la cantidad de sales minerales a utilizar en una nueva formulación de polvo humectable mediante pruebas de mortalidad, que presente características insecticidas en contra del gorgojo del arroz y sea comparable al producto Eco-Eff.
- Comparar la efectividad de la formulación en polvo desarrollada con el producto ejemplar Eco-Eff en silos a escala piloto, además del comportamiento frente a la aplicación de fumigantes (piretroides y organofosforados).

1.3 Fundamentación Teórica

1.3.1 Antecedentes de la Investigación

El cultivo del arroz en Colombia es uno de los subsectores que ha jalonado de manera positiva la economía agrícola del país, y ha sido fuente de trabajo, investigación y progreso para muchas familias en los departamentos de Meta, Tolima y Casanare. De hecho, El arroz concentra el 9,4% del área agrícola nacional y es el primer cultivo de ciclo corto en importancia. Su producción se concentra en 18 departamentos del país, principalmente en Tolima, Huila, Meta y Casanare. La Cadena participa con el 2,7% de los empleos directos y con el 5,1% de los empleos indirectos del sector agrícola (Montenegro Diego, 2017). En el primer semestre de 2022 la estimación del total nacional para el área sembrada en arroz mecanizado fue 357.694 hectáreas. Esto corresponde a 34.954 hectáreas menos que el total nacional de área sembrada en el primer semestre de 2021, correspondiente a 392.648 hectáreas, indicando una disminución de 8,9%. La mayor variación del área sembrada a nivel de los principales departamentos arroceros se presentó en Resto Departamentos (-22,9%) al pasar de 97.616 hectáreas sembradas en el primer semestre de 2021 a 75.304 hectáreas en primer semestre de 2022. Estas son 22.312 hectáreas menos para este período(DANE, 2022) como se puede apreciar en la Figura 1.

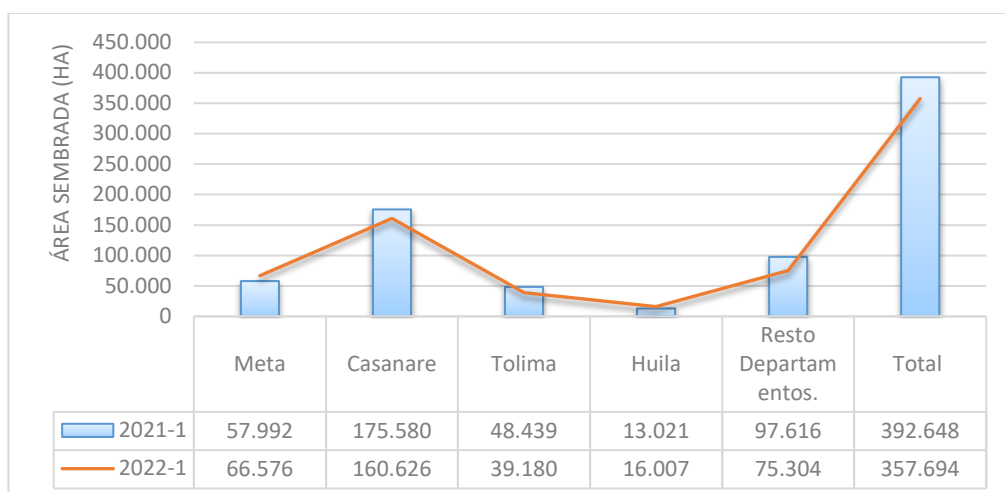


Figura 1. Área sembrada (HA) y principales departamentos arroceros I semestre 2021 – 2022 (DANE, 2022).

El arroz genera grandes aportes a la agroindustria, pero acobia muchos desafíos en su proceso de producción. Por ejemplo, El almacenamiento de granos es un componente vital de la seguridad alimentaria. Durante el almacenamiento, los granos son destruidos por insectos que causan graves daños a los productos de cereales. Sin ningún tipo de control la infestación de insectos puede ocurrir desde el momento de la cosecha hasta el consumo y es la causa principal de las pérdidas de granos, infringiendo a su vez las normas de inocuidad del producto y alterando la seguridad alimentaria. Una de estas importantes normas es ISO 22000: 2018, Este estándar ISO establece los requisitos que debe cumplir un Sistema de Gestión de Seguridad de Alimentos (SGSA) en toda su carrera alimentaria, gracias a su estructura de alto nivel permite una efectiva alineación con diferentes estándares, para poder alcanzar el objetivo de mantener el mayor grado de Seguridad alimentaria de forma integral en cualquier punto de la cadena de suministros alimentaria(ISO, 2018).Un ejemplo claro de afectación a la inocuidad, lo presentan las

retenciones de producto no conforme presentados en la compañía diana corporación S.A.S debido a infestaciones internas. Tan solo en los últimos 8 meses del año 2022 se han retenido 1687 paquetes de todas las denominaciones producidas en el molino (Diana, del costal, Estío, Neolia, etc.), Esto equivale a 21508,8 kg de los cuales 20907,25 Kg debieron ser rayados para su posterior reproceso(Grupo Diana, 2005). Por tal razón, En muchos sistemas agrícolas, se utilizan productos químicos para el control de plagas. Sin embargo, se ha informado que los insecticidas sintéticos tienen efectos peligrosos para la salud humana debido a la toxicidad persistente en los granos y el medio ambiente(Maazoun et al., 2017).Por este motivo durante los últimos años, los polvos inertes han recibido una mayor atención como protectores de granos y se consideran entre las alternativas más prometedoras a los insecticidas residuales en la protección de granos almacenados (Athanassiou et al., 2003). Los esfuerzos se han direccionado en el desarrollo de nuevos tratamientos de plagas que sean respetuosos con el medio ambiente, seguros y con un impacto económico moderado por su aplicación.

Aproximadamente entre el 10% y el 30% de la producción mundial de granos se daña debido a las plagas de insectos durante el almacenamiento. El gorgojo del arroz, *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae), es una de las plagas de productos almacenados más importantes y especialmente dañina en el arroz paddy almacenado. Esta plaga, junto con el picudo del maíz *S. zeamais* Motschulsky, 1855 y el picudo del granero *S. granarius* (L.) pueden infectar una gran variedad de productos como cereales, leguminosas, semillas,

plantas aromáticas y medicinales, así como otras especies vegetales. Alimentándose del interior del grano durante el período larvario y del exterior durante el estado adulto, provocando pérdidas de calidad y cantidad del producto(Athanassiou et al., 2003).

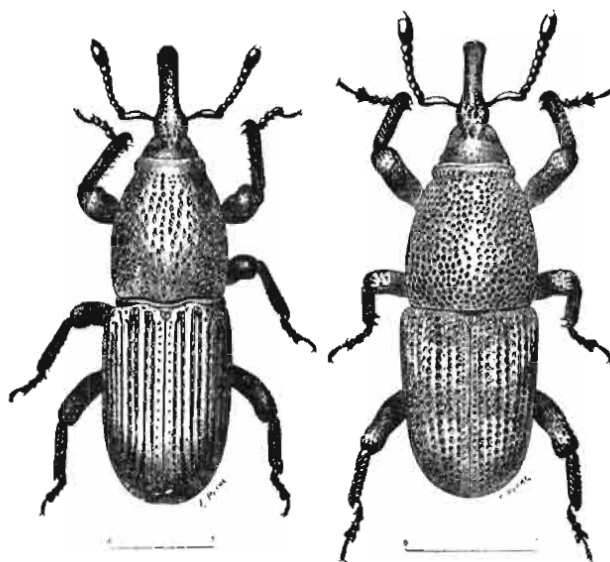


Figura 2. Gorgojos del trigo (izquierda) y del arroz (derecha) vistos por encima. Muy aumentados(Juan & Sicilia, 1955).

Los insecticidas y fumigantes convencionales son actualmente las principales herramientas de control contra las plagas de productos almacenados. Sin embargo, el control y manejo de productos almacenados infectados con plagas se ha vuelto más difícil hoy en día, ya que muchas plagas han desarrollado resistencia a los insecticidas(Pimentel et al., 2010).Por tal razón, se han desarrollado nuevas alternativas que no generan ningún tipo de impacto al medio ambiente y a su vez controla el efecto negativo de la infestación en la producción y almacenamiento del cereal. Uno de estos productos novedosos es el Eco-Eff, el cual es una formulación tecnológico, alimentaria industrial , que

representa una alternativa a los pesticidas químicos de cara a la protección constante, natural y eficaz de materia prima alimentaria, frente a la ofrecida por medio de la aplicación de plaguicidas y acaricidas Químico-toxico de acción puntual o sostenida, que representan riesgo para la salud humana, animal, el medio ambiente y el planeta en general (ND Pharma & Biotech, 2020).

Se han realizado diversas investigaciones para obtener formulación en polvo con altas eficiencias al control de plagas especialmente al *Sitophilus oryzae* (L.). por ejemplo, a nivel nacional en el municipio de Cáqueza (Cundinamarca), se realizaron controles con Deltametrina en comparación con insecticidas que tradicionalmente se han usado en la zona. Se compararon las respectivas eficacias insecticidas de la Deltametrina (K-OBIOL, 2P), del lindano (GORGORICIDA 1 P) Y del Clorpirifos (LORSBAN 2,5P), cada uno en dosis de 500 g de producto comercial por tonelada de grano, aplicados en ensayos separados tanto sobre maíz desgranado como sobre maíz con capacho entrojado, en capas de 25 cm de espesor. La evaluación se hizo mediante el conteo del número de adultos vivos y muertos de las dos especies de gorgojos, así como del daño en muestras tomadas al azar mensualmente hasta los 150 días de almacenamiento. Los resultados mostraron que, tanto sobre maíz desgranado, como sobre maíz con capacho, la Deltametrina (K-OBIOL 2P) ejerce un buen control sobre las dos especies de insectos antes citadas(Héctor M. Aldana A.', 1994). otra importante área de estudio radica en la formulación de polvos a partir de vegetales que presentan características insecticidas, tal como la investigación desarrollada en la University Cesar Vallejo, Perú. Que

mediante diversas formulaciones evaluaron el efecto Biocida de las diferentes 3 proporciones de polvos Vegetales (Boldo: Crisantemo), se generaron los siguientes resultados: Las muestras M3 (50: 50) y M4 (60: 40) no reportaron ningún efecto Biocida, a ninguna concentración, ni durante el tiempo de estudio (5 días). Pero la M5 (70:30), es la muestra que reportó el mayor efecto Biocida a partir de una concentración de 4% y 5% con un porcentaje de mortalidad de los gorgojos de arroz (*S. oryzae* L.) de 70% y 90% respectivamente. M5 se considera como la mezcla optima de polvos vegetales de las plantas en estudio(Leon Maria, 2018).

Otra formulación novedosa que permiten la remoción de plagas en granos almacenados es la desarrollada en la Tokat Gaziosmanpas, en Universito Turkey. En este estudio, se investigó la actividad insecticida de la formulación de polvo humectable de tierra de diatomeas Detech® contra el gorgojo del arroz, *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae), una importante plaga de granos almacenados. Se aplicó tierra de diatomeas Detech® sobre superficies de concreto y madera a dosis de 0.25, 0.5, 1 y 2 g/m² y se observó la mortalidad de adultos de *S. oryzae* en intervalos de tiempo de 24, 48, 72, 96, 120, 144, 168, 192, 216, 240, 264 y 288 h.

En las primeras 24 h de aplicación sobre las superficies de hormigón y madera, no se observó muerte. En el 48h, no se observó ningún efecto o una mortalidad muy baja en la superficie de hormigón y madera en todas las dosis. Mientras que el aumento de la dosis y el tiempo de exposición sobre la superficie de hormigón y madera aumentó la tasa de mortalidad de los adultos,

se obtuvo una mortalidad completa de adultos sobre superficies de hormigón después de 288 h. La formulación de polvo humectable de tierra de diatomeas Detech® a una dosis de 2 g/m^2 es altamente efectiva contra el gorgojo del arroz en superficies de madera y concreto en condiciones de laboratorio (Ertürk et al., 2020). Al parecer es un método muy eficaz para la remoción del gorgojo de arroz, pero es necesario realizar más estudios para fortalecer el campo del control de plagas.

Por este motivo, el presente estudio consiste en realizar una revisión bibliográfica para seleccionar las sales minerales adecuadas que presenten características potencialmente insecticidas en contra del gorgojo *Sitophilus oryzae* y de esta manera realizar el diseño experimental que permita identificar la formulación más eficaz. Por último, generar una prueba a escala piloto con el objetivo de observar el comportamiento de dicha formulación en relación con los fumigantes y compararlo con el producto ejemplar el cual es el Eco-Eff.

1.3.2 Marco Teórica

1.3.2.1 Reseña Histórica de Diana Corporación S.A.S

La historia de Diana Corporación comienza en Espinal Tolima (1964). Como "El Molino Murra" que se dedica a la producción y comercialización de arroz. En 1978 se inicia la comercialización de arroz empacado y se vende a clientes mayoristas en la ciudad de Bogotá a través de una empresa intermediaria. Debido a la creciente demanda del producto, se abrió la primera sede comercial en la ciudad de Bogotá (1981), luego se abrieron dos sedes más en las ciudades de Cali y Medellín (1993) y tiempo después en Barranquilla (1997). En 2001, la empresa

cambió su nombre a "Arroz Diana S.A." para aumentar su visibilidad en el mercado. En el año 2006 se inauguró uno de los mejores molinos arroceros de América Latina denominado “Plata Versátil”, ubicado en el municipio de Yopal Casanare (Figura 4) y aliado estratégico en la producción de arroz paddy y arroz blanco, también conocida por su alto nivel tecnológico, ya que cuenta con un sistema de secado confiable que se adapta a la temperatura y humedad del ambiente, lo que automatiza los procesos y asegura una operación flexible (Grupo Diana S.A.S, 2022).



Figura 3. La plata más tecnificada del Grupo Diana S.A.S ubicada en Yopla-Casanare 2006 (Grupo Diana S.A.S, 2019).

1.3.2.2 Producción de Arroz en Colombia

La proporción de los principales departamento arroceros en el primer semestre de 2022 (con un total de 912.267 toneladas de arroz verde) son: Meta 8,6% (78.134 toneladas), Casanare 8,6% (78.356 toneladas), Tolima 32,5% (296.452 toneladas), Huila 14,8% (135.420 toneladas) y en otras partes del territorio nacional concentraron la mayor participación con 35,5% (323.906

toneladas). Esto significa que la zona con mayor rendimiento de arroz se encuentra en el centro occidental del país. Sin embargo, ha habido una caída significativa en la producción de arroz durante el año pasado. En La figura 4 se muestra la serie histórica para el período de 2010 a 2022. Esto se evidencia en una disminución en la producción, principalmente en el departamento de Casanare, de 109.416 toneladas de arroz verde en el primer semestre de 2021 a 78.356 toneladas en el mismo período de 2022, una variación de -28,4% a mediados de 2021 y 2022 (DANE, 2022).

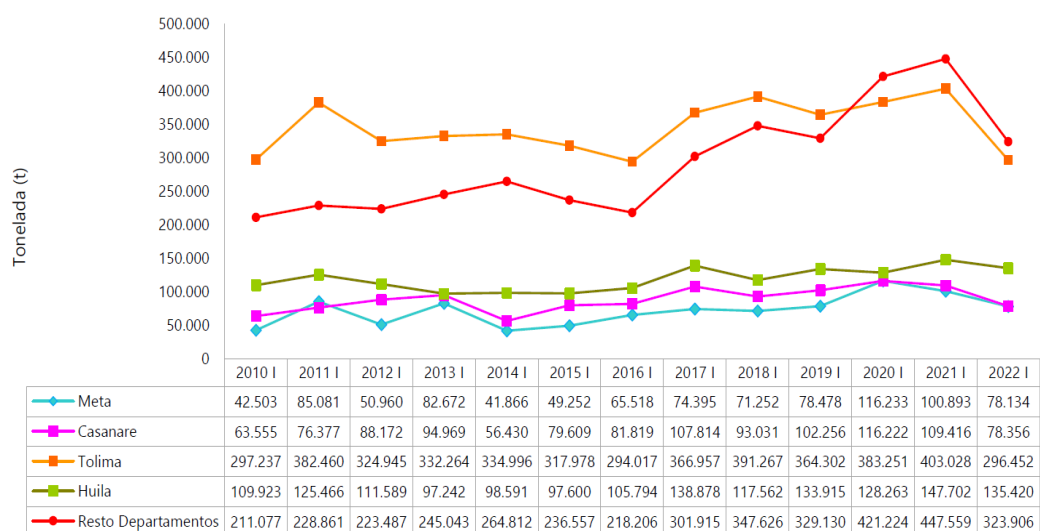


Figura 4. Serie producción de arroz mecanizado Principales departamentos arroceros de Colombia en Semestre I (2010-2022) (DANE, 2022).

Respecto al resto de departamentos, se presentó una disminución de -27,6% en la producción para primer semestre de 2022 frente al mismo periodo en 2021, con 123.653 toneladas menos de arroz paddy verde para el último periodo (323.906 toneladas en 2022-I y 447.559 toneladas en 2021-I) (DANE, 2022).

1.3.2.3 Generalidades sobre el Arroz y su Cultivo.

1.3.2.3.1 Morfología y Taxonomía.

El arroz (*Oryza sativa*, L.) es una planta monocotiledónea perteneciente a la familia *Poaceae* de las gramíneas. Posee las siguientes características:

- ✓ **Raíces:** las raíces son delgadas, fibrosas y fasciculadas. Tiene dos tipos de raíces: las seminales, que se originan de la radícula y son de naturaleza temporal y las raíces adventicias secundarias, que tienen una libre ramificación y se forman a partir de los nudos inferiores del tallo joven. Estas últimas substituyen a las raíces seminales.
- ✓ **Tallo:** el tallo se forma de nudos y entrenudos alternados, siendo cilíndrico, erguido, nudoso, glabro y de 60-120 cm de longitud.
- ✓ **Hojas:** las hojas son alternas, envainadoras, con el limbo lineal, agudo, largo y plano. En el punto de reunión de la vaina y el limbo se encuentra una lígula membranosa, bífida y erguida que presenta, en el borde inferior, una serie de cirros largos y sedosos.
- ✓ **Flores:** son de color verde blanquecino, dispuestas en espiguillas, cuyo conjunto constituye una panoja grande, terminal, estrecha y colgante después de la floración. Cada espiguilla es uniflora y está provista de una gluma con dos valvas pequeñas, algo cóncavas, aquilladas y lisas; la glumilla tiene igualmente dos valvas aquilladas.
- ✓ **Inflorescencia:** es una panícula determinada que se localiza sobre el vástago terminal, siendo una espiguilla la unidad de la panícula, y consiste en dos lemas estériles: la raquilla y el flósculo.

- ✓ **Grano:** el grano de arroz es el ovario maduro. El grano con cáscara se conoce como arroz “paddy”; el grano descascarado de arroz (cariósipide), con el pericarpio pardusco, se conoce como arroz-café; el grano de arroz sin cáscara con un pericarpio rojo, es el denominado “arroz rojo”(Franquet & Cinta, 2004).

1.3.2.3.2 Almacenamiento del Arroz.

El arroz es un cereal de primordial importancia para la alimentación humana, siendo básico en la dieta de más de la mitad de la población mundial. La adecuada realización de todos los procesos que intervienen en el manejo post cosecha del arroz contribuye a prevenir la pérdida de alimentos y, en consecuencia, a lograr la máxima seguridad alimentaria. La clave para el correcto almacenamiento del arroz es mantener el grano limpio, seco, sano y sin daños mecánicos. ¿Cómo? manteniendo el grano “vivo” con el menor daño posible. Para ello, es crucial gestionar las tecnologías de manera adecuada(Silos Cordoba, 2019).

Factores que afectan al almacenamiento de arroz

- **Contenido de humedad:** Por lo general, el arroz se cosecha con un contenido de humedad de $\approx 25\%$.
- **Temperatura:** La proliferación de hongos y cambios químicos como la oxidación aumentan con la temperatura. Además, es realmente importante tener en cuenta el clima en las diferentes regiones del mundo.

- **Tiempo de almacenamiento:** Cuanto más corto mejor. La limpieza del grano antes del almacenamiento minimizará el riesgo de deterioro y las consiguientes pérdidas económicas.
- **Estado general del arroz:** cantidad de materias extrañas. Semillas rotas durante la cosecha, aspecto superficial e interno, cantidad de impurezas en el arroz a granel, etc(Silos Cordoba, 2019).

1.3.2.3.3 Gorgojo del Arroz.

El gorgojo del arroz *Sitophilus oryzae* L. pertenece al orden Coleoptera, familia Curculionidae, es un artrópodo que ha cobrado relevancia debido a su posibilidad de volar, lo que le permite mantener las fuentes de reinfestación en los lugares de almacenamiento; además de presentar gran capacidad destructiva. Este insecto es originario de la India, pero se ha difundido en todo el mundo. *S. oryzae* prefiere las regiones cálidas y húmedas, donde se reproduce continuamente, desarrollándose a temperaturas entre los 17°C y 34°C (Leonides Castellanos, 2018).

➤ **Identificación**

Los adultos de *Sitophilus sp.* son de color marrón negruzco, con punteaduras, y de entre 2,5 y 4 mm de largo. Resulta inconfundible por el largo rostro (o pico) que presenta en la cabeza. En Andalucía es la especie *Sitophilus oryzae*, que se distingue por tener unas manchas de color amarillento en los élitros, la que infesta el arroz almacenado. *Sitophilus zeamais* es idéntico externamente a *S.oryzae* (para distinguirlos hay que diseccionar la genitalia), si bien el primero ataca al maíz y no se ha constatado su presencia en el arroz almacenado en las Marismas del Guadalquivir. Ocasionalmente se ha visto también a *Sitophilus granarius* (de color

marrón más claro y sin manchas), que sin embargo es mucho más frecuente en trigo(Congresos et al., 2019).



Figura 5. Gorgojo del arroz: *S. oryzae* (Congresos et al., 2019).

➤ **Biología**

La hembra hace un orificio en el grano, pone el huevo en su interior y lo sella con una secreción mucilaginoso. Tras la eclosión, las larvas, que son apodas (Figura 10), excavan una galería al alimentarse del grano y se desarrollan íntegramente en su interior. No se da más de una larva por grano. Dentro también tiene lugar el estado de pupa y, una vez que emerge, sale el adulto al exterior haciendo un orificio redondeado en el grano. Los adultos pueden vivir hasta un año. Las condiciones óptimas para su desarrollo consisten en temperaturas de 15-34 °C con valores de humedad relativa superiores al 40% (si el grano está muy seco se dificulta la puesta y el desarrollo de larvas). La duración total del ciclo es de unos 35-45 días(Congresos et al., 2019).

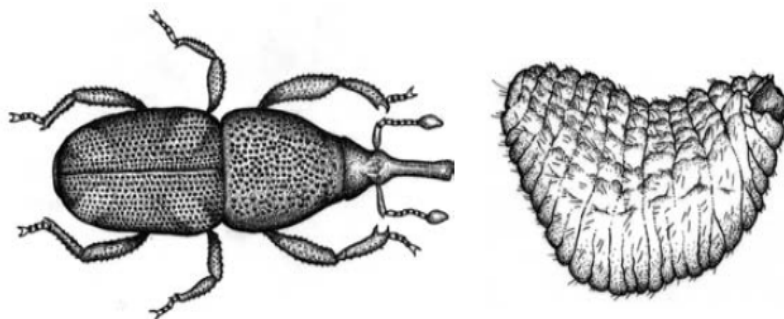


Figura 6. *S. oryzae*: adulto y larva (Congresos et al., 2019).

➤ Daños

Al ser una de las plagas más importantes, si no se controlara causaría una seria devastación en el arroz cáscara. En la actualidad, con un buen sistema de almacenamiento, las infestaciones se mantienen bien controladas, si bien su erradicación es difícil y por tanto subsiste el riesgo de aparición de insectos, aunque en pequeña cantidad. El daño que causan es característico: el grano se agorreja por las cavidades interiores creadas por las larvas, así como por los agujeros que hacen los adultos al emerger. Posteriormente, los adultos continúan alimentándose de los granos rotos y generan humedad y calentamiento del grano, lo que facilita el ataque de otros insectos y hongos.

➤ Detección

S. oryzae puede detectarse por medio de trampas de caída que se colocan en la superficie o se insertan en los montones de grano. Además, los adultos tienden a instalarse en la superficie al remover los montones de grano infestados.

1.3.2.3.4 Métodos de Control.

- **Control Biológico:** Los enemigos naturales juegan un papel importante en limitar las densidades de plagas potenciales. Esto se ha demostrado

repetidamente cuando los pesticidas han devastado a los enemigos naturales de las posibles plagas. Los insectos que anteriormente eran de poca importancia económica a menudo se convierten en plagas dañinas cuando se liberan del control de sus enemigos naturales (CAES, 2015).

I. **Parásitos y predadores:** vertebrados insectívoros generalmente se alimentan de muchas especies de insectos y rara vez se centran en las plagas a menos que sean muy abundantes. Los insectos y otros depredadores de artrópodos se usan con mayor frecuencia en el control biológico porque se alimentan de una gama más pequeña de especies de presas y porque los depredadores de artrópodos, con sus ciclos de vida más cortos, puede fluctuar en la densidad de población en respuesta a los cambios en la densidad de sus presas. Respecto a los parasitoides deben adaptarse al ciclo de vida, la fisiología y las defensas de sus huéspedes, están limitados en su rango de hospedadores y muchos están altamente especializados. Por lo tanto, la identificación precisa de las especies huésped y parasitoide es de importancia crítica en el uso de parasitoides para el control biológico(CAES, 2015).

II. **Patógenos de plagas:** Los patógenos de plagas son organismos vivos, diminutos que se encuentran de forma natural en el campo (rastros de cultivos, estiércol, en el suelo, plantas, etc.) estos son capaces de causar enfermedades y producir sustancias que causan la

muerte de las plagas que afectan nuestros cultivos. Las especies de patógenos más conocidas son (Edgardo Jiménez M, 2009):

- **Hongos** (*Metarrhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana*, *Verticillium lecanii*, entre otros).
- **Bacterias** (*Bacillus thuringiensis*).
- **Virus** entre ellos el Virus de la *poliedriosis nuclear* (VPN).

III. **Feromonas:** Actualmente las feromonas sexuales de Lepidopteros son ampliamente utilizadas para la vigilancia y la lucha contra las especies dañinas. Estos son los atractivos sexuales, es decir los compuestos de síntesis que reproducen la secreción feromonal emitida por las hembras; estos compuestos han sido comercializados por los supervisores agrícolas y para el control de insectos por confusión de sexos. El trampeo en masa de mariposas fue recomendado inicialmente para el control de plagas; pero la experiencia ha mostrado que este sistema no es eficaz, si no se captura más del 90% de machos presentes en un cultivo, lo cual es prácticamente imposible de realizar sin inversiones considerables. En la actualidad el trampeo en masa no se utiliza sino contra las plagas de granos almacenados (Pierre Zagatti, 2015).

➤ **Control Físicos.** Consiste en la utilización de:

- I. **Calor:** aire caliente a alta velocidad, sesenta grados centígrados durante tres minutos. La alta velocidad que posee la masa de aire caliente hace que el grano quede suspendido, y de esta forma, se

elimine a los insectos plagas. Esta técnica sólo se aplica en trigo(Jhens Panduro, 2010).

- II. **Frío:** Una vez que el grano ingresó en el silo, la medida de prevención de insectos más importante es el enfriado por medio de aireación con aire ambiente y/o refrigeración artificial. Las ventajas de la aireación son múltiples: es económica, de bajo impacto ambiental y segura desde el punto de vista de la inocuidad y la salud de los trabajadores. El objetivo de la aireación debe ser enfriar el grano lo antes posible y mantenerlo posteriormente por debajo de 17°C, ya que la baja temperatura ayuda a evitar el desarrollo de los insectos en el granel(INTA, 2012).
- III. **Gases inertes:** La Atmósfera Modificada (MA), implica la alteración de los gases naturales utilizados en el almacenamiento, como el dióxido de carbono, el oxígeno y el nitrógeno, para crear una condición letal para las plagas. implica la alteración de los gases naturales utilizados en el almacenamiento, como el dióxido de carbono, el oxígeno y el nitrógeno, para crear una condición letal para las plagas(Manjree Agarwal, 2015).
- IV. **Tierra de diatomeas:** La tierra de diatomeas es un mineral de origen orgánico que está constituida principalmente por dióxido de silicio (SiO₂) de restos fosilizados de diatomeas de agua dulce y salada. Su estructura filamentosa produce heridas en todo tipo de insectos y su característica deshidratante absorbe sus líquidos

interiores, eliminándolos por deshidratación. Actúan como un eficiente insecticida y no daña al medio ambiente. Según la clasificación de toxicidad de las tierras de diatomeas por la Organización Mundial de la Salud, éstas pertenecen a la Clase III (Bojórquez et al., 2019).

➤ **Control Químico:** Generalmente son líquidos o polvos residuales que se pulverizan en pequeñas gotas o se espolvorean sobre las instalaciones.

I. **Tratamiento preventivo:** se realizan sobre grano en movimiento, tratando de generar condiciones inadecuadas para el desarrollo de las plagas. En este caso, también se trata de líquidos o polvos residuales que se espolvorean o fumigan sobre el grano en movimiento, generalmente se prefiere la pulverización porque de esta manera se logra una distribución más uniforme. En muchos casos, los inertes que acompañan a los plaguicidas en polvo pueden afectar la residualidad del mismo; además, la tensión de vapor de los líquidos les otorga a estos la posibilidad de actuar con mayor rapidez y ejercer control parcial sobre las formas jóvenes u ocultas. Cabe citar que algunos inertes minerales que se encuentran en la formulación de los polvos pueden disminuir el peso hectolitro del grano, esto en el caso del trigo cobra mayor importancia puesto que unas de las formas de comercialización se dan en función de este parámetro (sobre todo si se está en el límite de grado)(Jhens Panduro, 2010).

1.3.3 Normativa nacional de plaguicidas y desinfectantes.

- **RESOLUCION 2674 DE 2013:** Que el artículo 126 del Decreto Ley 019 de 2012, establece que los alimentos que se fabriquen, envasen o importen para su comercialización en el territorio nacional, requerirán de notificación sanitaria, permiso sanitario o registro sanitario, según el riesgo de estos productos en salud pública, de conformidad con la reglamentación que expida el Ministerio de Salud y Protección Social.

Artículo 26: Plan de saneamiento, Toda persona natural o jurídica propietaria del establecimiento que fabrique, procese, envase, embale, almacene y expendan alimentos y sus materias primas debe implantar y desarrollar un Plan de Saneamiento con objetivos claramente definidos y con los procedimientos requeridos para disminuir los riesgos de contaminación de los alimentos. Este plan debe estar escrito y a disposición de la autoridad sanitaria competente; éste debe incluir como mínimo los procedimientos, cronogramas, registros y listas de chequeo.

Control de plagas: Las plagas deben ser objeto de un programa de control específico, el cual debe involucrar el concepto de control integral, apelando a la aplicación armónica de las diferentes medidas de control conocidas, con especial énfasis en las radicales y de orden preventivo (MinSalud, 2013).

- **DECISIÓN ANDINA 804 DE 2015:** estableció los lineamientos y procedimientos armonizados para el registro y control de Plaguicidas Químicos de Uso Agrícola (PQUA); orientando su uso y manejo correcto en el marco de las buenas prácticas agrícolas con el objeto de prevenir y

minimizar riesgos a la salud y al ambiente, asegurar la eficacia biológica del producto y facilitar su comercio en la Subregión(Minsalud, 2020).

1.3.4. Definición de Términos

- ✓ **AGROQUÍMICO:** Producto químicos generalmente utilizados en la agricultura para el control de plagas.
- ✓ **BIOCIDAS:** Sustancia química de origen natural capaz de neutralizar o contrarrestar cualquier control proveniente de otro organismo que se considere dañino para el ser humano.
- ✓ **FEDEARROZ:** Federación nacional de arroceros.
- ✓ **CONTROL QUÍMICO:** Radica en utilizar cualquier producto químico o de origen natural, que impacte el nivel poblacional de una plaga que pueda causar algún tipo de daño.
- ✓ **DANE:** Departamento administrativo nacional de estadística.
- ✓ **CONTAMINACIÓN:** es la capacidad que tiene cualquier sustancia en generar algún tipo de daño o desequilibrio al medio ambiente o al ser humano.
- ✓ **FNA:** Fondo nacional del arroz.
- ✓ **EFFECTO RESIDUAL:** Es la capacidad que posee una sustancia química o producto, en mantener su efecto nocivo en el transcurso del tiempo a una determinada plaga.
- ✓ **ENAM:** Encuesta nacional de arroz mecanizado.

- ✓ **GORGOJOS:** Es un insecto, de pequeño tamaño, que presenta un pico prolongado sobre su cabeza cuyo extremo se observan las mandíbulas. Se consideran plagas difíciles de erradicar en la agricultura.
- ✓ **INSECTICIDAS:** son sustancias químicas que forman parte de los biácidos, su objetivo radica en el control o eliminación de insectos que se consideran perjudiciales para el ser humano.
- ✓ **PLAGA:** se considera a toda animal o microorganismo capaz de generar un efecto perjudicial en los cultivos generalmente de cereales.
- ✓ **TIERRA DIATOMEAS:** es un mineral de origen orgánico que está constituida principalmente por dióxido de silicio de restos fosilizados de diatomeas de agua dulce y salada. Su estructura filamentosa produce heridas en todo tipo de insectos y su característica deshidratante absorbe sus líquidos interiores, eliminándolos por deshidratación.
- ✓ **PATOGENO:** Son microorganismos, hongos, virus o bacterias, con la capacidad de causar algún tipo de daño en el arroz como manchas, alteración del sabor o generando enfermedades.

II. MARCO METODOLOGICO

2.1 Hipótesis o pregunta de investigación

"La evaluación cuantitativa de la eficiencia de cinco formulaciones de polvo humectable usados para el posible control contra el gorgojo de arroz (*Sitophilus oryzae*) en granos de arroz paddy almacenado, y de esta manera determinar el periodo en el cual las formulaciones presentan la mayor efectividad respecto a su toxicidad y compararlas con el producto ejemplar Eco-Eff".

2.2 Diseño de Investigación

El presente proyecto de grado se dividió en dos etapas, la primera reside en generar 5 tratamientos con sales minerales diferente y un testigo, realizando dos repeticiones por cada formulación desarrollada para un total de 10 unidades experimentales. En cada unidad experimental consistió en un frasco con tapo de plástico con una capacidad de 250ml, en el cual se agrego 50 gramos de arroz paddy seco en cada frasco, posteriormente se agregó en cada tratamiento formulado con las especificaciones de mi producto ejemplar -Eco-Eff, el cual nos indica que por cada 1Kg de producto se debe agregar 1-3gr del polvo insecticida (Figura 7).por último , se agregó 10 gorgojos vivos *S. Oryzae* en cada frasco con las respectiva formulación (Anexo I).



Figura 7. Etiqueta de identificación y uso industrial del -Eco-Eff. (Fuente: propia)

La segunda etapa del proyecto de investigación consistió en elegir la formación que presento la máxima toxicidad en los 15 días almacenados en los ensayos desarrollados en la etapa número uno. Luego, se adaptaron 3 silos de

prueba de la siguiente manera (Figura 8): el primer silo de prueba almaceno 23 Kg de paddy preseco y 70 g de la formulación que presento la mayor toxicidad; el segundo silo de prueba contuvo 23kg de paddy preseco y 70 gramos de Eco-Eff; el ultimo silo de prueba fue el testigo, es decir al que no se le realizo algún tipo de aplicación con polvos insecticidas o fumigantes.



Figura 8. Silos de prueba empleados en el proyecto.

2.3 Población y Muestra

Población: Los 100 gorgojos *S. Oryzae* utilizados en las pruebas desarrolladas en la etapa número uno con el arroz paddy seco almacenado, fueron seleccionadas en infestaciones retenidas de productos no conforme con ayuda de los técnicos laboratoristas del molino Diana ubicado en la ciudad Yopal del Departamento Casanare.

Muestra: las muestras de arroz paddy fueron obtenidas de dos lotes, el primero lote el cual fue utilizado para las pruebas a escala laboratorio fue extraído de la torre de secamiento número 3. El segundo lote el cual fue empleado para el desarrollo de la segunda etapa con los silos de pruebas, fue sacado con ayuda de los auxiliares de

control de plagas obtenidas del silo metálico 9 con una capacidad máxima de 5 mil toneladas.

2.4 Metodología de los Bioensayos

El desarrollo del proyecto se realizó en las instalaciones de los laboratorios de paddy del molino Diana en colaboración con la universidad de pamplona, Facultad de ingenierías y arquitecturas, programa de ingeniera química del departamento Norte de Santander.

2.4.1 Metodología del bioensayo a escala de laboratorio.

Se realizo la selección de 1kg de paddy seco extraídos de las bandas transportadoras de la torre de secamiento 3, posteriormente se almaceno el arroz paddy en refrigeración a una temperatura de 5 °C aproximadamente por 1 días para inhibir el desarrollo de algún tipo de hongo, plaga, larvas o huevos que pudieran haber traído del cultivo. El área de estudio fue en el laboratorio de paddy del molino Diana en el cual se almaceno la materia prima y sustancias químicas (Figura 9) utilizadas en los bioensayos bajo llave. donde se comenzó realizando la preparación de cada formulación de la siguiente manera: Se agrego de cada formulación 0.2 gramos de los cuales el 75% fue de las sales minerales seleccionadas y el restante de bicarbonato de sodio, Seguidamente se mezcló cada formulación por 5 minutos en bolsas con cierre. Al tener todas las formulaciones se procedió agregando en cada frasco 50 gramos de paddy seco y cada formulación desarrollada anteriormente.



Figura 9. Sales minerales Utilizados para la Elaboración de la nueva formulación (Fuente: propia).

Cada recipiente de plástico se identificó de la siguiente manera: Formulaciones **F1.1- F1.2** ($\text{SiO}_2\text{-NaHCO}_3$), **F2.1- F2.2** ($\text{Al}_2\text{O}_3\text{-NaHCO}_3$), **F3.1- F3.2** ($\text{Fe}_2\text{O}_3\text{- NaHCO}_3$), **F4.1-F4.2** ($\text{Na}_2[\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4]\cdot 8\text{H}_2\text{O- NaHCO}_3$), **F5.1- F5.2**(Eco-Eff) y **F6.0**(testigo) (Figuras 10). Cabe recalcar que la formulación (**F6.0**) no incluye algún tipo de polvo insecticida.

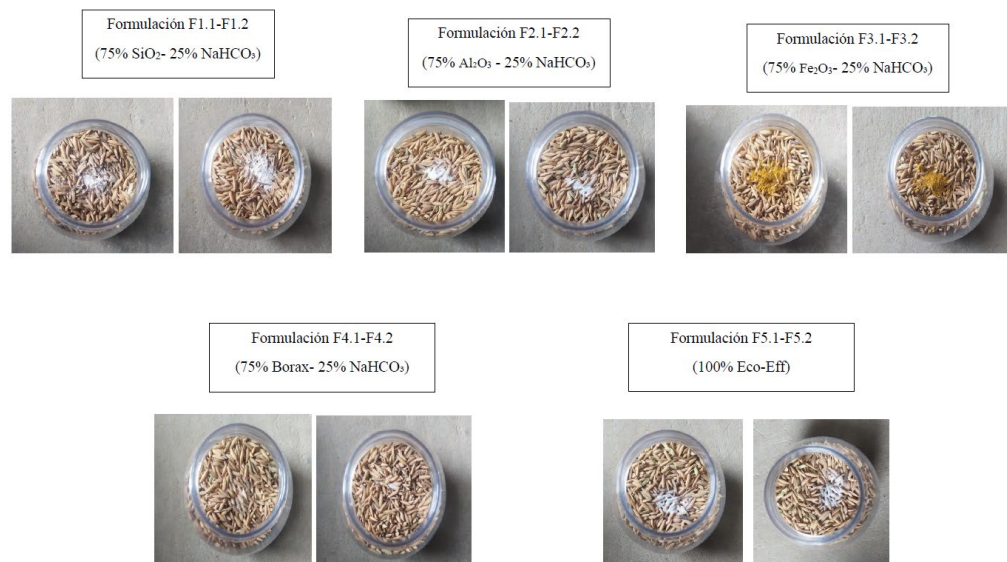


Figura 10. Las 5 formulaciones estudiadas en el primer ensayo a escala laboratorio.

Todos los tratamientos empleado para en el desarrollo de la primera etapa consto de 100 gorgojos y 500 gr de Arroz paddy seco. Por último, se realizó infestaciones a cada frasco por 24, 48, 72 y 168h. las sales minerales que se estudió para el presente proyecto se obtuvo de un análisis de revisión bibliográfica determinando cuales sales minerales presentaban características insecticidas en contra del gorgojo de arroz.

2.4.2 Metodología del bioensayo a escala piloto.

Se selecciono previamente 70 Kg de arroz paddy preseco, sacado de muestras infestadas del silo metálico 9 del molino Diana S.A.S. No se le realizo tratamiento previo de temperatura para aprovechar las posibles larvas presentes en las muestras. Se introdujo en el primer silo de prueba con un volumen de 1.15 m³ 23 kg de paddy preseco sin ningún tipo de polvo insecticida ni fumigante. En el primer silo de prueba se agregó 23 kg en 3: Primera etapa, se comenzó realizando aspersión

mediante un atomizador con una solución de 5ml de Acetellic-50EC y 5 ml de K-obio/25 EC en 500 ml de agua.



Figura 11. Aspersión y recubrimiento en la base del silo con Eco-Eff. (Fuente: propia 5-11-2022)

Luego se agregó 20g de Eco-Eff en la base del silo de la manera más homogénea posible. En la segunda etapa se deja llenar el silo de prueba hasta la mitad, se empareja y posteriormente se agrega 20gr de Eco-Eff.



Figura 12. Aspersión y recubrimiento de Eco-Eff en la parte intermedia del Silo. (Fuente: propia 5-11-2022)

Para la tercera etapa se deja llenar el silo hasta los 23 Kg formando una copa el cual se debe emparejar, se agregó 30g de Eco-Eff de la manera más homogénea

posible y por último se realiza una aspersión con los fumigantes empleados en la primera etapa.



Figura 13. Aspersión y recubrimiento con Eco-Eff en la parte superior del silo. (Fuente: propia 5-11-2022)

Se realiza exactamente el mismo procedimiento con el silo de prueba número dos, solo agregando la formulación de polvo humectable **F3.1-F3.2** (Fe_2O_3 - NaHCO_3) (**Anexo C**).

El proyecto tuvo en cuenta lo siguiente:

2.4.3 Infestación de los gorgojos *Sitophilus oryzae*

Las pruebas de infestación para el ensayo a escala laboratorio se realizaron de la siguiente manera: se sacó de cada frasco pequeñas cantidades que contenía previamente almacenado la formulación correspondiente y los 50 g de paddy seco. Si se realizó observación hasta percibir los gorgojos muertos presentes en cada muestra, se realizaba el previo conteo y posteriormente se ingresaban nuevamente todos los gorgojos en su respectivo frasco. Las infestaciones se realizaron entre 14 hasta el 29 de octubre del 2022 con un periodo de tiempo de 24, 48,72 y 168 horas de haber comenzado el tratamiento con las formulaciones desarrolladas.



Figura 14. Nueve gorgojos muertos luego de 15 días de tratamiento con la formulación Eco-Eff (Fuente: propia 29-10-2022)

Se realizó exactamente el mismo procedimiento con la demás formulación y el testigo (Anexo B).

2.4.4 Características de temperatura y humedad del arroz paddy.

Se evaluará la temperatura y la humedad del arroz. Los datos de temperatura se obtuvieron mediante un termómetro digital marca (Hanna) y la humedad se obtuvieron de un Humedímetro para Granos Marca (Motomco) para la prueba a escala Piloto.

2.4.5 Tratamientos.

El arroz paddy seco utilizado en los ensayos a escala de laboratorio para determinar la toxicidad de las formulaciones se llevaron a bajas temperaturas (5°C aproximadamente) por un 1 día. Para prevenir el desarrollo de algún tipo de hongo, larva o plaga proveniente de la cosecha. Las sales minerales empleadas en los

ensayos no se les realizó ningún tipo de tratamiento previo, igualmente con el arroz preseco utilizado en el segundo bioensayo a escala piloto. Sin embargo, al desarrollar la formulación se realizó mezcla con agitación constante por 5 minutos para lograr homogenizar los polvos inertes de la mejor manera mediante bolsas con cierre.

2.4.6 Formulaciones de Polvos Humectables.

- F1.0 (75% SiO₂- 25% NaHCO₃)
- F2.0 (75% Al₂O₃-25% NaHCO₃)
- F3.0 (75% Fe₂O₃-25% NaHCO₃)
- F4.0 (75% Na₂[B₄O₅(OH)₄]·8H₂O- 25% NaHCO₃)
- F5.0 (100 % Eco-Eff)
- F6.0(sin tratamiento)

III. RESULTADOS

3.1 Resultados y análisis

3.1.1 Selección de las sales minerales con potenciales características insecticidas.

Se realizó una revisión bibliográfica para seleccionar que sales minerales se podrían utilizar como insecticidas, se observó que el bicarbonato a base de potasio (BP) y sodio (BS), son sales ubicadas en la naturaleza, y pueden encontrarse en prácticamente todos los organismos vivos, incluso, en componentes ambientales como el agua y el suelo. En México, son escasos los reportes en el uso de BP y BS como ingredientes pesticidas, sin embargo, la eficacia de estas y otras sales ha sido

probada contra hongos fitopatógenos como: *Alternaria* spp, *Aspergillus niger*, *Botrytis cinerea*, *Colletotrichum gloeosporoides*, *Colletotrichum musae*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Sclerotium cepivorum*, *Venturia inaequalis*; asimismo, contra otros agentes que originan cenicillas como: *Leveillula taurica*, *Oidium lycopersicum*, *Sphaerotheca fuliginea*, *Sphaerotheca fusca* y *Sphaerotheca pannosa* (Yáñez Juárez et al., 2007).

Por su naturaleza, los hongos tienen facilidad para vivir en un entorno ácido. Esto no significa que no puedan vivir en entornos con un pH superior a 7. Sin embargo, sí que se desarrollarán y crecerán mejor en un entorno alrededor de un pH en torno a 6 o 5. Es decir, un entorno ácido. No obstante, el bicarbonato sódico, tiene un pH natural en torno a 8. Es decir, un pH alcalino. Debido a esto, el bicarbonato sódico actúa como veneno para los hongos, así como en el caso de otros organismos cuya naturaleza sea vivir en un entorno ácido, como pueden ser los virus y las bacterias.

Respecto a las otras sales minerales seleccionadas en el proyecto se debió al uso actual de La tierra de diatomeas (DE) como insecticidas contra algunas especies de gorgojos, las DE son rocas sedimentarias porosa y de peso ligero formada por restos fosilizados de diatomeas (Bacillariophyta), que son plantas acuáticas unicelulares. Las conchas de las diatomeas están hechas de sílice amorfa hidratada ($\text{SiO}_2 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$); y el componente de DE es sílice amorfa (SiO_2) y pequeñas cantidades de minerales como **aluminio**, **óxido de hierro**, **hidróxido de calcio**, **magnesio** y **sodio** (Rojht et al., 2010). Korunic (1997), evaluó la relación entre diferentes propiedades o características de la DE y su capacidad insecticida y

determinó que la distribución del tamaño y forma de las partículas, así como el origen de la muestra (lacustre o marino), no se correlacionan con la eficacia insecticida de la misma. Sin embargo, la eficacia insecticida de las DE se correlaciona con la capacidad de reducir el peso hectolítrico del grano, la tendencia de las partículas a adherirse a la superficie del grano y el pH. Estos ensayos simples, rápidos y de bajo costo, fueron propuestos por Korunic (1997) como método alternativo para predecir la capacidad insecticida de las DE (FUSÉ et al., 2013). Las formulaciones más nuevas de DE han demostrado ser protectores muy efectivos contra varias especies de escarabajos de productos almacenados, incluida *S. oryzae*. Sin embargo, todavía hay información inadecuada sobre los factores que afectan la acción insecticida de la DE. En la mayoría de los estudios que evaluaron la eficacia de la DE el grano utilizado fue el trigo, mientras que pocos trabajos utilizaron maíz, arroz y, especialmente, cebada. Un factor que parece ser crucial para determinar la eficacia residual de la ED es el tipo de grano al que se aplica el polvo (Athanasios et al., 2003).

Otra sal mineral la cual se le interesa determinar su propiedad insecticida es el ácido bórico. La aplicación del producto debe realizarse con cuidado, ya que puede producir efectos adversos para la salud si se ingiere o entra en contacto con los ojos o la piel. Sin embargo, en general se considera una alternativa segura y eficaz para rociar productos insecticidas. Muchas formulaciones de ácido bórico son efectivas por más de un año. Si bien el ácido bórico tiene una acción algo más lenta que los insecticidas sintéticos, es efectivo durante un largo período de tiempo.

Este insecticida se adhiere a las patas de un insecto que viaja a través de él y causa la muerte por inanición y deshidratación después de que un insecto ingiere la sustancia mientras se prepara. Después de la ingestión, el insecto muere de tres a diez días después. Los insectos para incubar que están expuestos al ácido bórico también mueren, si la formulación no se moja. El ácido bórico se utiliza para controlar las hormigas, los gorgojos del grano, varios tipos de escarabajos y cucarachas. También actúa como un veneno estomacal para los peces plateados y las termitas, y es abrasivo para el exoesqueleto del insecto (HOGAR & JARDÍN, 2022). Por esta razón se seleccionó las siguientes sales mineras para determinar sus características insecticidas en contra del gorgojo de arroz *Sitophilus oryzae* (L.), las cuales fueron: **óxido de aluminio** (Al_2O_3 cod:270-2), **óxido de hierro (III)** (Fe_2O_3 cod:64-2), **óxido de silicio** (SiO_2 cod:112-2), **Bórax** (No CAS: 1303-96-4) y **Bicarbonato de sodio**. Proveedor QUIMILAB Yopal-Casanare.

3.1.2 Resultados de los bioensayos a escala de laboratorio para determinar la mortalidad.

Respecto a los resultados obtenidos en cada periodo determinado se puede apreciar que las formulaciones F3.0 y F5.0. Presentan la capacidad de adherirse a la superficie del arroz paddy previamente almacenado de esta manera generando una mayor área de contacto y a su vez favoreciendo la toxicidad en cada tratamiento. Por esta razón, se observó la presencia de algunos coleópteros en el interior del grano almacenado impidiendo el efecto de las formulaciones.

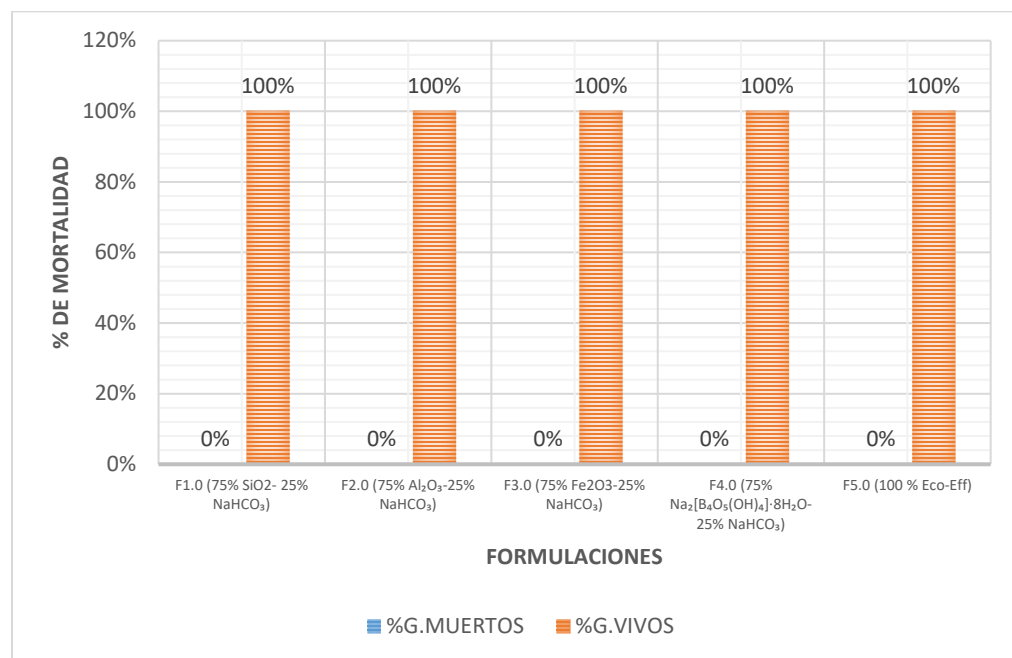


Figura 15. Porcentaje del número de gorgojos vivos y muertos a 24 horas después del tratamiento.

Como se aprecia en la figura 15, los datos del número de gorgojos vivos y muertos a 24 horas después del tratamiento de los insecticidas en polvo humectable en el arroz paddy almacenado; como era de esperarse se observó el 0% de gorgojos muertos tratados con todas las formulaciones por este periodo de tiempo. Sin

embargo, se pudo notar una exasperación en los insectos almacenados en las formulaciones F2.0, F3.0 y F5.0. intentando romper la cascarilla para ocultarse en el interior del grano como se puede observar en la Figura 33.

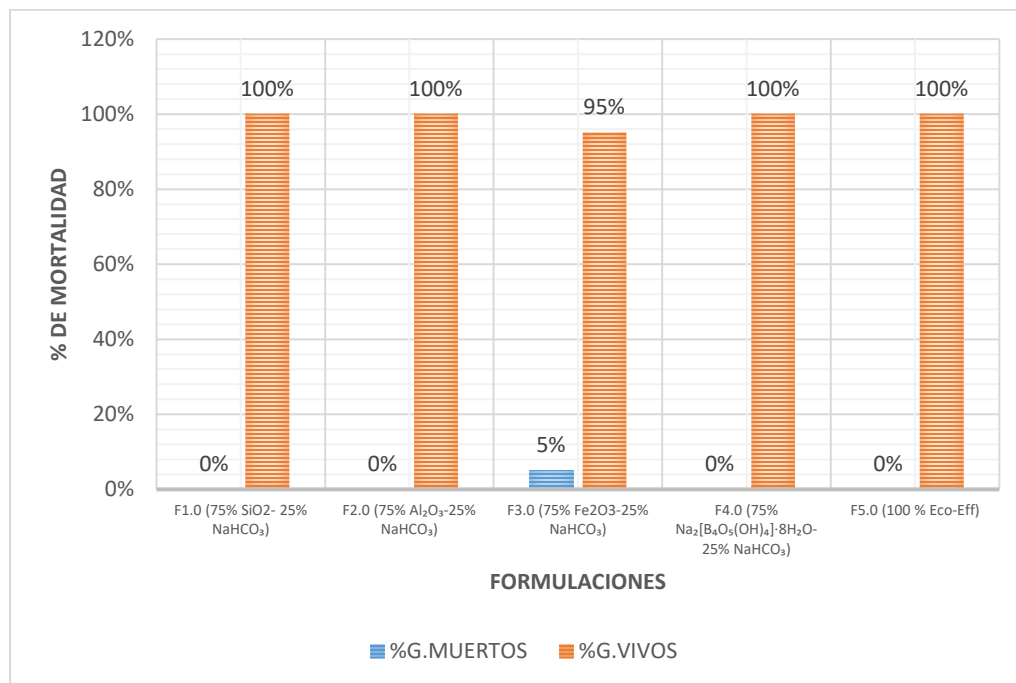


Figura 16. Porcentaje del número de gorgojos vivos y muertos (*sitophilus oryzae*), a 48 horas después del tratamiento.

En la figura 16, se puede observar los datos del porcentaje de número de gorgojos vivos y muertos a 48 horas después del tratamiento con los insecticidas en polvo aplicados al arroz paddy seco almacenado; se observa que el 5% de gorgojos en los granos tratados con la tercera formulación **F3.0 (75% Fe₂O₃-25% NaHCO₃)** tienen un efecto nocivo, lo cual nos demuestra que este insecticida presenta una efectividad de manera temprana frente a la mortalidad comparado con las demás formulaciones. Sin embargo, se aprecia que la formulación le otorga al grano almacenado una coloración anaranjada no característico del arroz paddy seco.

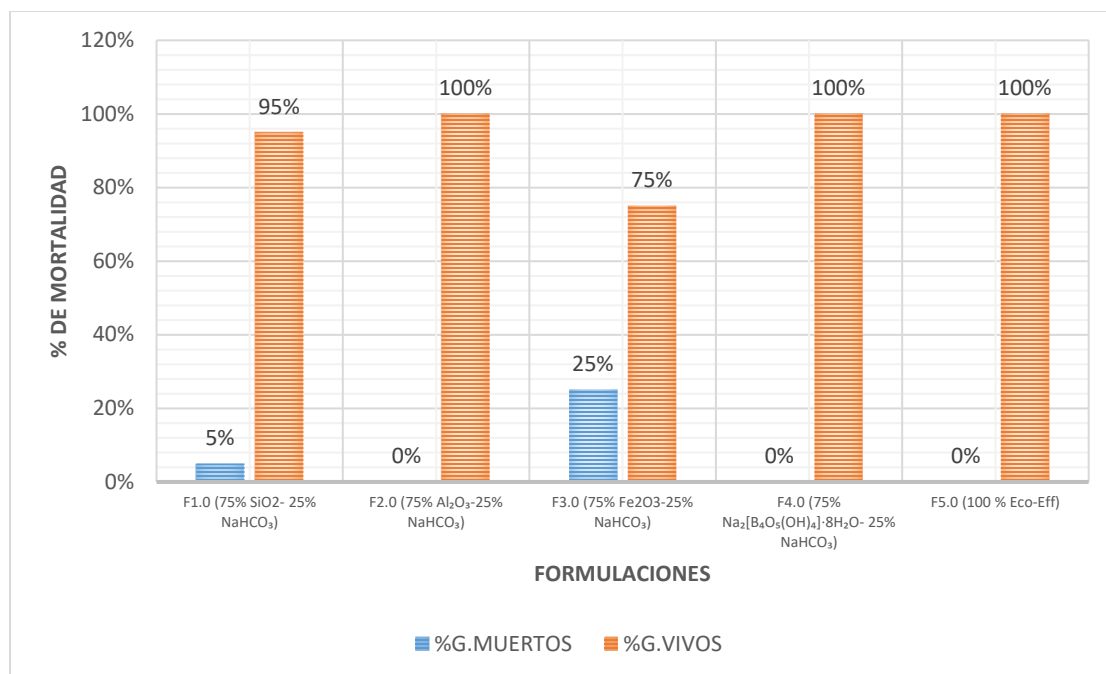


Figura 17. Porcentaje del número de gorgojos vivos y muertos (*sitophilus oryzae*), a 72 horas después del tratamiento (Fuentes: Datos Evaluados).

En la figura 17, se observa los datos del porcentaje de número de gorgojos vivos y muertos a 72 horas después del tratamiento de los insecticidas en polvo en el arroz paddy seco almacenado; se observa el 25% de gorgojos muertos en los granos tratados con la formulación **F3.0 (75% Fe₂O₃-25% NaHCO₃)**, superando numéricamente en esta evaluación a los demás tratamientos en estudio, lo cual nos demuestra que este insecticida tiene mayor efecto tóxico en un periodo de tiempo corto en la conservación de granos de arroz paddy seco almacenado por este periodo de tiempo. Por otra parte, la formulación en polvo **F1.0 (75% SiO₂- 25% NaHCO₃)** presentó un 5% de mortalidad en su tratamiento comparado con el resto de formulaciones, el testigo presentó el total de gorgojos vivos.

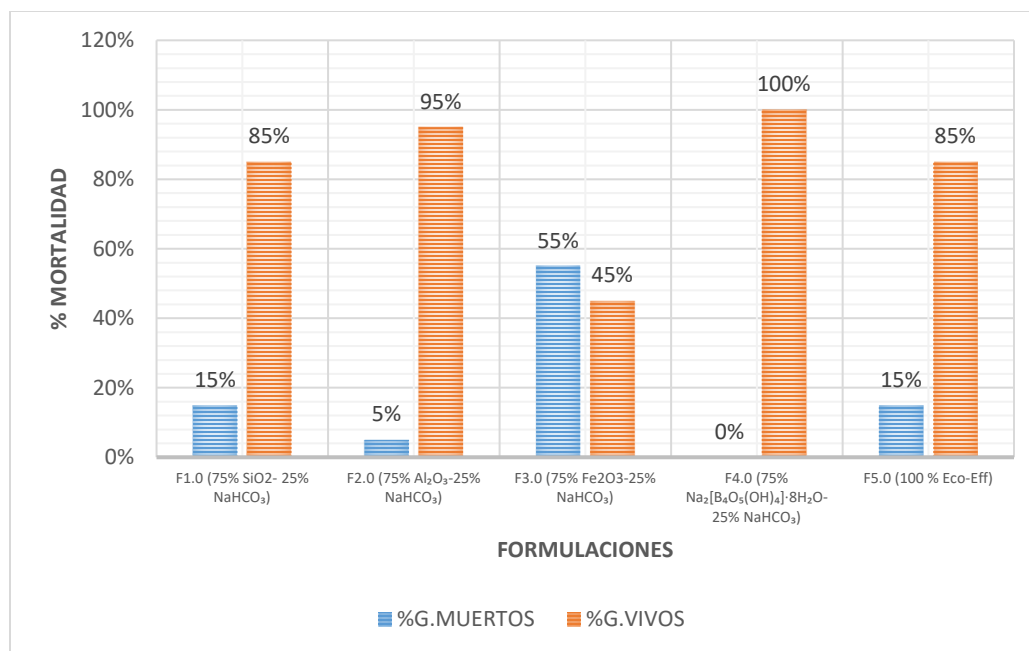


Figura 18. Porcentaje del número de gorgojos vivos y muertos (*sitophilus oryzae*), a 168 horas después del tratamiento (Fuentes: Datos Evaluados).

En la figura 18, se muestra los datos del promedio de número de gorgojos vivos y muertos a las 168 horas después del tratamiento de los insecticidas en el arroz paddy almacenado; se observa el 15% de gorgojos muertos en los granos tratados con la formulación **F1.0 (75% SiO₂- 25% NaHCO₃)** y el producto ejemplar (**100% Eco-Eff**). Sin embargo, la Formulación **F3.0** sigue presentando el mayor porcentaje de mortalidad con un 55% de gorgojos muertos. Estos resultados nos indican el efecto tóxico temprano que generan algunas formulaciones desarrolladas debido a la capacidad que tiene los polvos para adherir en toda la superficie de los granos de paddy almacenados.

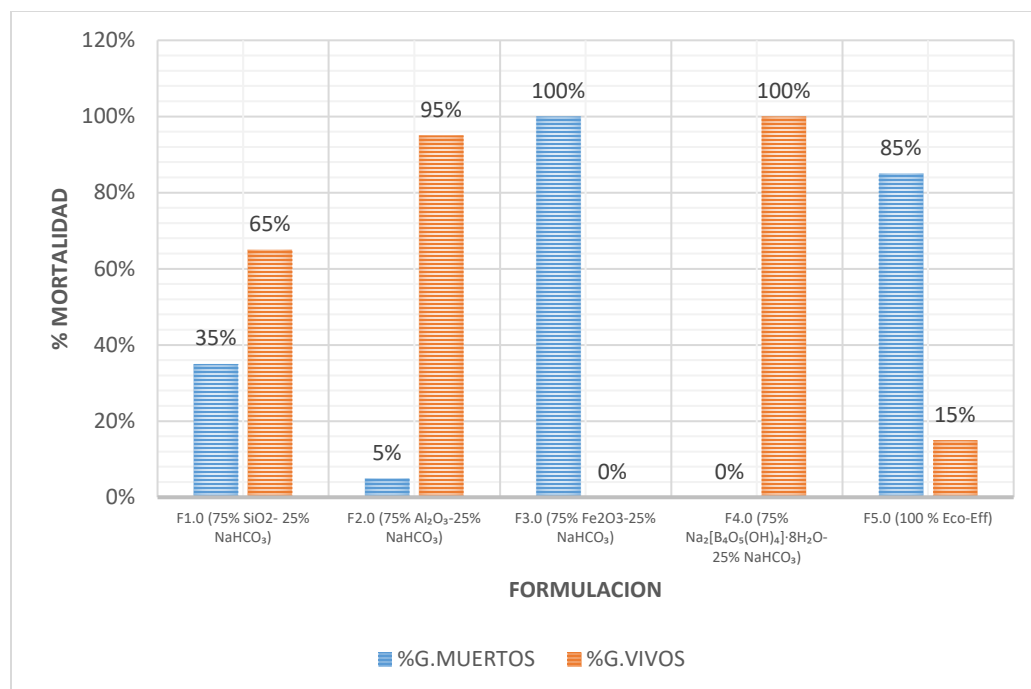


Figura 19. Porcentaje del número de gorgojos vivos y muertos (*sitophilus oryzae*), a 360 horas después del tratamiento.

En la Figura 19, se observan los datos del porcentaje de número de gorgojos vivos y muertos a las 360 horas después del tratamiento con las formulaciones desarrolladas en el arroz almacenado; se observa el 65% de gorgojos vivos en los granos tratados con el mineral **óxido de silicio (SiO₂)**, para el tratamiento con la presencia de **Alúmina (Al₂O₃)** solo se logró 5% de mortalidad, en el caso del tratamiento empleando bórax no se presentó ningún tipo de cambio con un porcentaje de gorgojos vivos del 100% luego de finalizar la prueba. Esto quizás se deba al tamaño de partícula que caracteriza el bórax similar al azúcar por consiguiente no se adhirió a la superficie del grano sino precipitó al fondo del recipiente. Por otra parte, las formulaciones que presentaron mayor mortalidad fueron **F3.0** con un 100% luego de haber pasado tan solo 15 días del tratamiento junto con la formulación ejemplar **Eco-Eff** que obtuvo un 85% de gorgojos muertos. Estos

resultados indican el efecto tóxico en un corto periodo de tiempo. La formulación que generaba más expectativas en los ensayos la cual era **F1.0** por información obtenida en la literatura presento un porcentaje de mortalidad del 35%.

3.1.3 Resultados de los bioensayos a escala piloto mediante silos de prueba.

Respecto a las pruebas realizadas se puede apreciar en la Tabla 2 la efectividad de las formulaciones empleadas en comparación con el testigo el cual aumenta el número de gorgojos vivos conforme avanza el tiempo de almacenamiento. Se puede observar que al realizar aspersión a los silos 1-2 los cuales contenían Eco-Eff y la Formulación F3.0 respectivamente, se notó una acumulación de grumos que impedía una correcta adhesión de la formulación F3.0 en toda la superficie del grano. De esta manera impidiendo una penetración plena en toda el área afectando en gran medida la efectividad de la formulación en todo el silo.

Tabla 1. Bioensayos a escala piloto mediante silos de prueba durante un mes.

N° Silo	Gorgojos Vivos	Gorgojos muertos	Gorgojos Vivos	Gorgojos muertos	Gorgojos Vivos	Gorgojos muertos	Gorgojos Vivos	Gorgojos muertos
	05/11/2022		12/11/2022		19/11/2022		26/11/2022	
Temperatura	28.89		29.84		29.80		28.9	
Humedad	15,10		14.12		14,15		15,12	
1-Eco-Eff	0	0	0	0	0	0	0	0
2-F3.0	0	0	0	0	0	0	0	0
3-Testigo	0	0	0	0	1	0	7	1
Piretroide	Fendona-5ml		Hawker plus-5 ml		K-Obia-25EC-5 ml		Pybuthirn-5ml	
Organofosforado	Acellic 50 EC-5ml		Acellic 50 EC-5ml		Acellic 50 EC-5ml		Acellic 50 EC-5ml	
Solvente	Agua -500ml		Agua -500ml		Agua -500ml		Agua -500ml	

Por otra parte, al observar el paddy almacenado en el silo 2 se pudo notar una coloración anaranjada proveniente de la presencia de óxido de Hierro (III) en la formulación empleada, de esta manera indicando una posible afectación del nivel de blancura en la muestra de paddy presecado luego del proceso de trillado. Por esta

razón se decidió realizar una nueva prueba para indicar el nivel de blancura, porcentual de grano entero, grano partido, ambarino, daño por calor, parámetros relevantes en el arroz integral y compararlos con los arrojados en la muestra que estuvo almacenado con el producto ejemplar Eco-Eff y la nueva formulación desarrolla, utilizando el **MachVision V.3.1.924**. equipo empleado por el laboratorio de blanco para parametrizar los datos de una manera ágil.

los Resultados obtenidos fueron los siguientes:

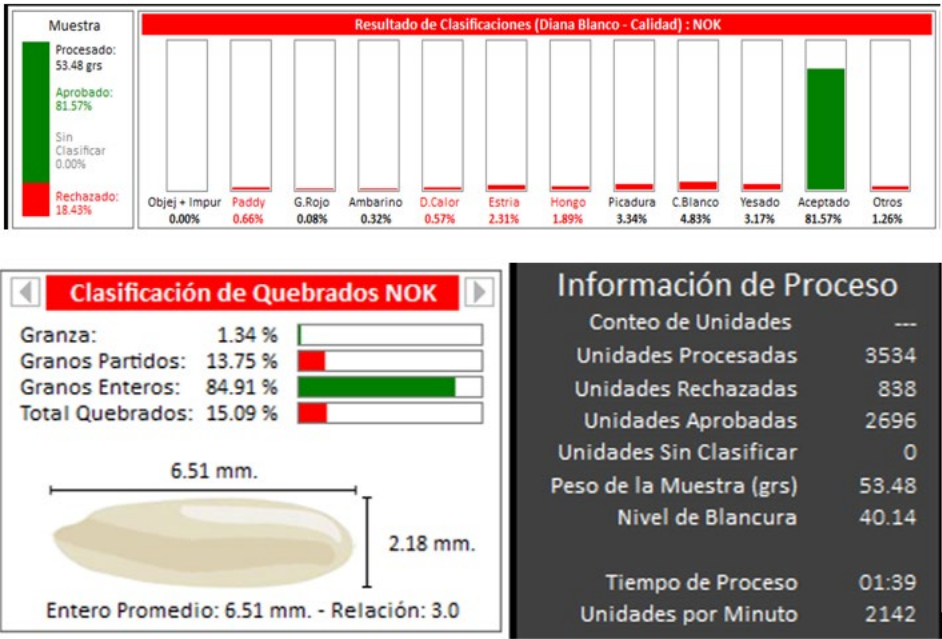


Figura 20. Arroz integral Luego del proceso de Trillado, muestra Almacenada con Eco-Eff.

Al observar los resultados arrojados por el MachVision se puede notar que la formulación F3.0 reduce en gran medida el nivel de blancura en el arroz integral luego del proceso de trillado. Respecto al grano entero y grano partido no tiene diferencia considerable.



Figura 21. Arroz integral Luego del proceso de Trillado, muestra Almacenada con F3.0.

Por otra parte, El porcentaje de daño por calor en el arroz integral almacenado con F3.0 fue del 1,26%, un porcentaje muy alto para un arroz preseco. Este porcentaje nos indica que los granos que presentaban coloración beich por estar en contacto con la nueva formulación, el MachVision los tomo como daños por calor y ambarino de esta manera afectando el porcentaje de Aceptación.

3.2 Discusiones

Se realiza la determinación de la toxicidad de 5 nuevas formulaciones utilizando sales minerales como base, se observó que las formulaciones F2.0, F3.0 y F5.0 presentaron resultados viables respecto a su mortalidad en contra del gorgojo de arroz *S. oryzae*, esto debido a al tamaño de partícula y la capacidad que presentaron la formulación al adherirse en la superficie del grano almacenado. Respecto a la formulación F3.0 se puede apreciar que presenta grandes beneficios en su toxicidad comparados con las demás formulaciones. Sin embargo, se observó una coloración

irregular anaranjado en el arroz paddy almacenado debido a la coloración característica del óxido de hierro (III). Por esta razón, se realizó una prueba adicional con el fin de determinar si dicha formulación generaba algún tipo de afectación en el arroz integral. Se observó que la formulación afecta en gran medida el nivel de blancura característico del arroz frente a dicho polvo insecticida. Los resultados arrojados por el MachVision, pudieron identificar que la formulación empleada también presenta afectación en el porcentaje de ambarino y daño por calor. Sin embargo, no es coherente pensar que un arroz paddy almacenado por 4 meses genere este tipo de inconformidad. Lo que nos hace pensar que el equipo toma la coloración anaranjada con daños relacionados al calor.

Por otra parte, la formulación F4.0 no generó ningún tipo de resultado conforme a su mortalidad quizás se deba al tamaño de partícula característico del bórax el cual es muy similar al azúcar convencional. La formulación F1.0 ($\text{SiO}_2\text{-NaHCO}_3$) generó un periodo de toxicidad en los granos de arroz paddy seco almacenado después de los 15 días en un porcentaje promedio de mortalidad del 85%. Según lo consultado por la literatura el óxido de silicio es el compuesto que le otorga las características insecticidas a las tierras diatomeas (DE) por su estructura amorfa y su pequeño tamaño de partícula, pero cabe resaltar que las sales minerales empleadas en el proyecto no son producto altamente analítico, quizás por esta razón no generó los resultados esperados.

Respecto al costo por el desarrollo de la nueva formulación comparada con mi producto ejemplar, se puede notar que no presenta gran rentabilidad ya que el valor por bulto de 25Kg de eco-eff tiene un valor de \$518,783 pesos para el año 2021

comparado con el valor de la nueva formulación sin asumir costos de mano de obra saldría en \$ 579.776 por bulto de 25kg costearo materia prima para el año 2022.

3.3 Conclusiones

Al terminar las evaluaciones del presente proyecto de investigación se indica las siguientes conclusiones:

- La Formulación F3.0 de polvo Insecticida que contiene ($\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-NaHCO}_3$), presento mayor eficiencia en el control de Gorgojos (*Sitophilus oryzae* (L.)), demostrando su toxicidad frente a la conservación de arroz paddy seco almacenado; desde la primera evaluación a 15 días después de la aplicación con el 100% de mortalidad en las pruebas a escala de laboratorio comparado con el producto ejemplar eco-eff que tan solo obtuvo 85% de mortalidad en el mismo periodo de tiempo. Sin embargo, el comportamiento frente a fumigantes piretroides y organofosforados deja un desprovisto. Ya que, al realizar la aspersión se forma en la nueva formulación grumos que impiden una correcta adición del polvo en todas las superficies del arroz paddy almacenado. Por lo tanto, esta formulación carece de utilidad si es aplicada con fumigantes, pero por su alto mortalidad es recomendable seguir estudiando el comportamiento de esta formulación en el uso de almacenamiento de arroz por un tiempo mayor a 6 meses.
- Al realizar las pruebas adicionales para determinar el nivel de blancura en el arroz almacenado con la formulación 3.0, se pudo notar una afectación en la coloración del grano. Por lo tanto, esta formulación carece de utilidad ya que afectaría las características del producto terminado.

- La Formulación F1.0 que contenía $\text{SiO}_2\text{-NaHCO}_3$, ocupó el segundo lugar de eficiencia de toxicidad en los granos de arroz paddy seco almacenado desde la primera evaluación a 15 días después de la aplicación con el 35% de mortalidad en los bioensayos a escala de laboratorio, A pesar de que en la literatura se aprecia resultados favorables del Dióxido de Silicio en el control de algunas especies de gorgojos. No se obtuvieron los resultados esperados, quizás por la no utilización de productos 100% analíticos.
- La formulación 4.0 que contenía el mineral borato de sodio, presentó resultados nulos de mortalidad frente al control del gorgojo de arroz (*Sitophilus oryzae* (L.)) en un periodo de tiempo de 15 días. Estos resultados desfavorables quizás se deben al tamaño de partícula que presenta el Borax, ya que al ser partículas grandes comparado con el grano de paddy no es posible la adición en la superficie del grano como lo hacen las demás formulaciones.
- Al evaluar el periodo de toxicidad de las formulaciones, La Formulación F3.0 presentó una efectividad temprana al control de gorgojos en el arroz paddy almacenado de tan solo 24 horas y 10% de mortalidad, la formulación F1.0 presentó efectividad luego de las 72 horas con una mortalidad del 10%.
- En la evaluación del porcentaje de mortalidad de los indicadores biológicos usados en el presente trabajo de investigación, la formulación que contenía ($\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-NaHCO}_3$) fue superior numérica y estadísticamente a las demás formulaciones. Sin embargo, al realizar una prueba adicional para determinar el nivel de blancura que arroja el arroz integral luego del proceso

de trillado. Se puede notar una afectación notable en el nivel de blancura, en el caso del arroz integral almacenado con Eco-Eff. Obtuvo un nivel de coloración del (40,14) mucho mayor que el obtenido con la formulación de F3.0 (35,94). De esta manera a pesar de que la nueva formulación presenta una buena efectividad respecto a la mortalidad, no es posible realizar aplicaciones ya que afectaría la naturalidad del arroz.

3.4 Recomendaciones.

Bajo similares condiciones llevadas a cabo el presente experimento se recomienda:

- Realizar una búsqueda de Óxido de Hierro (III) con coloraciones más pálidas, de está contribuyendo a una nula afectación en el nivel de blancura del arroz integral.
- Repetir el experimento en otras localidades productores y centros de almacenamiento de maíz u otro tipo de grano que presente problemas de gorgojos.
- Realizar ensayos de toxicidad en los silos de pruebas con periodos de almacenamiento de paddy seco de 6-8 meses sin ninguna aplicación preliminar de algún tipo de plaguicida y observando otros factores en más detalle como la temperatura-humedad.
- Evaluar nuevos sales minerales o extractos de aceite esenciales con propiedades que favorezcan al control de gorgojos (*Sitophilus oryzae*), en granos de arroz almacenados en el molino Diana S.A.S, matarías primas que tenga fácil acceso a nivel nacional.

- Realizar una evaluación específica de los impactos ambientales de la formulación F3.0 en el control de plagas de los granos almacenados en el molino diana.

IV REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- I. Athanassiou, C. G., Kavallieratos, N. G., Tsaganou, F. C., Vayias, B. J., Dimizas, C. B., & Buchelos, C. T. (2003). Effect of grain type on the insecticidal efficacy of SilicoSec against *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae). *Crop Protection*, 22(10), 1141–1147. [https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(03\)00155-8](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(03)00155-8)
- II. Benhalima, H., Chaudhry, M. Q., Mills, K. A., & Price, N. R. (2004). Phosphine resistance in stored-product insects collected from various grain storage facilities in Morocco. *Journal of Stored Products Research*, 40(3), 241–249. [https://doi.org/10.1016/S0022-474X\(03\)00012-2](https://doi.org/10.1016/S0022-474X(03)00012-2)
- III. Bojórquez, T., Torres Bojórquez, A. I., Torres Zapata, R., Valdez Lozano, C. G. S., de La, M., Tijerina Garza, P., Elías, J., Ramírez, T., & Adriana Núñez González, M. (2019). *Uso de tierras de diatomeas para protección de cereales contra plagas de insectos en almacén* (Vol. 4).
- IV. CAES. (2015). *Approaches to the Biological Control of Insect Pests*. <https://portal.ct.gov/CAES/Fact-Sheets/Entomology/Approaches-to-the-Biological-Control-of-Insect-Pests>
- V. Collins, P. J., Daglish, G. J., Pavic, H., & Kopittke, R. A. (2005). Response of mixed-age cultures of phosphine-resistant and susceptible strains of lesser grain borer, *Rhyzopertha dominica*, to phosphine at a range of concentrations and exposure periods. *Journal of Stored Products Research*, 41(4), 373–385. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2004.05.002>
- VI. Congresos, Y., Jornadas, R. A. E. A., & Sanidad Vegetal, E. (2019). *AGRICULTURA GANADERÍA PESCA Y ACUICULTURA POLÍTICA, ECONOMÍA Y SOCIOLOGÍA AGRARIAS FORMACIÓN AGRARIA Plagas del arroz almacenado en Andalucía*.
- VII. Daglish, G. J. (2004). Effect of exposure period on degree of dominance of phosphine resistance in adults of *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrychidae) and *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae). *Pest Management Science*, 60(8), 822–826. <https://doi.org/10.1002/PS.866>
- VIII. DANE. (2022). *Encuesta Nacional de Arroz Mecanizado (ENAM)*.
- IX. Edgardo Jiménez M. (2009). *Métodos de Control de Plagas*.
- X. Ertürk, S., Atay, T., Toprak, U., & Alkan, M. (2020). The efficacy of different surface applications of wettable powder formulation of Detech® diatomaceous earth against the rice weevil, *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Stored Products Research*, 89. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2020.101725>
- XI. Franquet, J. M., & Cinta, B. P. (2004). *VARIEDADES Y MEJORA DEL ARROZ (Oryza sativa, L.)*.
- XII. FUSÉ, C. B., VILLAVERDE, M. L., PADÍN, S. B., de GIUSTO, M., & JUÁREZ, M. P. (2013). *Evaluación de la actividad insecticida de tierras de diatomeas de yacimientos argentinos*.
- XIII. Grupo Diana. (2005). *YOPAL, LA PLANTA TECNIFICADA Y VERSÁTIL*. <https://grupodiana.co/noticia-yopal-planta/>
- XIV. Grupo Diana S.A.S. (2019). *YOPAL, NUESTRA PLANTA MÁS TECNIFICADA*. <https://grupodiana.co/noticia-yopal-planta/>
- XV. Grupo Diana S.A.S. (2022). *Nuestra Historia*. <https://grupodiana.co/quienes-somos/nuestra-historia/>
- XVI. Hakkijl, T. (2002). The traditional, historical and prehistoric use of ashes as an insecticide, with an experimental study on the insecticidal efficacy of washed ash. *Environmental Archaeology*, 7, 13–22. <https://doi.org/10.1179/ENV.2002.7.1.13>
- XVII. Héctor M. Aldana A.'. (1994). *Efficiency of deltamethrin dust (k-obiol) to control corn weevils sitophilus oryzae and pagiocerus trontalis in the corn growing area of Caqueza, Cundinamarca*.

- XVIII. HOGAR & JARDÍN. (2022). *¿Cómo se usa el ácido bórico para el control de plagas?* HOGAR & JARDÍN. <https://es.411answers.com/a/como-se-usa-el-acido-borico-para-el-control-de-plagas.html>
- XIX. Hong, K. J., Lee, W., Park, Y. J., & Yang, J. O. (2018). First confirmation of the distribution of rice weevil, *Sitophilus oryzae*, in South Korea. *Journal of Asia-Pacific Biodiversity*, 11(1), 69–75. <https://doi.org/10.1016/J.JAPB.2017.12.005>
- XX. ICA. (2021). *MANUAL PARA ELABORACIÓN DE PROTOCOLOS PARA ENSAYOS DE EFICACIA CON PQUA*.
- XXI. INTA. (2012). *Control Integrado de Plagas en granos almacenados y subproductos*.
- XXII. ISO. (2018). *Normas ISO de aplicación en la Industria Alimentaria*. <https://www.isotools.org/2021/09/09/normas-iso-de-aplicacion-en-la-industria-alimentaria/>
- XXIII. Jhens Panduro. (2010). *EVALUACIÓN DEL PERIODO DE TOXICIDAD DE INSECTICIDAS USADOS PARA CONTROLAR GORGOJOS EN ARROZ ALMACENADO, EN LA PROVINCIA DE MOYOBAMBA*.
- XXIV. Jiménez Miguel, B. (2021). *Importancia de los factores climáticos en el cultivo de arroz*. (Vol. 6, Issue 1). Enero-Junio.
- XXV. Juan, P., & Sicilia, M. (1955). *LOS GORGOJOS DEL TRIGO Y DEL ARROZ*.
- XXVI. Leon Maria. (2018). *EFFECTOBIOCIDADEPOLVOSVEGETALES*.
- XXVII. Leonides Castellanos. (2018). *Sitophilus oryzae* L. (coleoptera: curculionidae) características, daños, reproducción y alternativas para su control.
- XXVIII. Maazoun, A. M., Hlel, T. ben, Hamdi, S. H., Belhadj, F., Jemâa, J. M. ben, & Marzouki, M. N. (2017). Screening for insecticidal potential and acetylcholinesterase activity inhibition of *Urginea maritima* bulbs extract for the control of *Sitophilus oryzae* (L.). *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 20(3), 752–760. <https://doi.org/10.1016/J.ASPEN.2017.04.004>
- XXIX. Manjree Agarwal. (2015). *Nitrógeno - Una nueva Herramienta de Fumigación de Silos*. Universidad de Murdoch, Australia. <https://millingandgrain.co/entrada/nitr-geo---una-nueva-herramienta-de-fumigaci-n-de-silos-3/>
- XXX. MinSalud. (2013). *RESOLUCION 2674 DE 2013*.
- XXXI. Minsalud. (2020). *Reducción de riesgos asociados al uso de productos Plaguicidas y Desinfectantes*.
- XXXII. Montenegro Diego. (2017). *SECTOR ARROCERO: ANÁLISIS DE SU PANORAMA EN LA CRISIS AGRÍCOLA COLOMBIANA*.
- XXXIII. ND Pharma & Biotech. (2020). *Eco-Eff KONTROL TM SISTEMA*. https://issuu.com/ndpharmabiotech/docs/eco-eff_control_sistema_esp_full
- XXXIV. Pierre Zagatti. (2015). *FEROMONAS SEXUALES DE LEPIDOPTERA. BIOLOGIA, QUIMICA Y APLICACIONES*.
- XXXV. Pimentel, M. A. G., D'A Faroni, L. R., da Silva, F. H., Batista, M. D., & Guedes, R. N. C. (2010). Spread of phosphine resistance among brazilian populations of three species of stored product insects. *Neotropical Entomology*, 39(1), 101–107. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2010000100014>
- XXXVI. POST HOC. (2019). *PRUEBAS POST HOC*.
- XXXVII. Rojht, H., Horvat, A., Athanassiou, C. G., Vayias, B. J., Tomanović, Ž., & Trdan, S. (2010). Impact of geochemical composition of diatomaceous earth on its insecticidal activity against adults of *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Pest Science*, 83(4), 429–436. <https://doi.org/10.1007/s10340-010-0313-6>
- XXXVIII. Sakka, M. K., Jagadeesan, R., Nayak, M. K., & Athanassiou, C. G. (2022). Insecticidal effect of heat treatment in commercial flour and rice mills for the control of phosphine-resistant insect pests. *Journal of Stored Products Research*, 99. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2022.102023>
- XXXIX. Silos Cordoba. (2019). *Almacenaje de arroz en un silo metalico*.
- XL. Taddese, M., Dibaba, K., Bayissa, W., Hunde, D., Mendesil, E., Kassie, M., Mutungi, C., & Tefera, T. (2020). Assessment of quantitative and qualitative losses of stored grains due to insect infestation in Ethiopia. *Journal of Stored Products Research*, 89, 101689. <https://doi.org/10.1016/J.JSPR.2020.101689>
- XLI. Yáñez Juárez, M., Gilberto, M., Tafoya, A., Ruvalcaba, P., Alcaráz, V., de Jesús, T., Angulo, G., Paúl, T., & Valdéz, D. (2007). *efecto de bicarbonatos en el control de cenicilla (Oidium sp.) en pepino (Cucumis sativus L.)**. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263131532007>

V. ANEXOS

Anexo A. Formulaciones de polvo Humectable como posibles insecticidas en contra del gorgojo de arroz *Sitophilus oryzae*.



Figura 22. Formulación F1.1 que contenía (75% SiO₂- 25% NaHCO₃) (Fuente: propia)



Figura 23. Formulación F1.2 que contenía (75% SiO₂- 25% NaHCO₃) (Fuente: propia)



Figura 24. Formulación F2.1 que contenía (75% Al_2O_3 -25% NaHCO_3) (Fuente: propia)



Figura 25. Formulación F2.2 que contenía (75% Al_2O_3 -25% NaHCO_3) (Fuente: propia)



Figura 26. Formulación F3.1 que contenía (75% Fe_2O_3 -25% NaHCO_3) (Fuente: propia)



Figura 27. Formulación F3.2 que contenía (75% Fe_2O_3 -25% NaHCO_3) (Fuente: propia)



Figura 28. Formulación F4.1 que contenía (75% $\text{Na}_2[\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4] \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ - 25% NaHCO_3) (Fuente: propia)



Figura 29. Formulación F4.2 que contenía (75% $\text{Na}_2[\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4] \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ - 25% NaHCO_3) (Fuente: propia)



Figura 30. Formulación F5.1 que contenía (100% Eco-Eff) (Fuente: propia)



Figura 31 Formulación F5.2 que contenía (100% Eco-Eff) (Fuente: propia)

Anexo B. Infestaciones realizados en las pruebas a escala laboratorio.



Figura 32. 10 gorgojos muertos luego de 15 días de tratamiento con la formulación F3.2 (Fuente: propia 29-10-2022)



Figura 33. Gorgojos alineándose en el interior del arroz paddy seco formulación F5.0 (fuente: propia 15.10.2022)

Anexo C. Metodología del bioensayo a escala piloto mediante el silo de prueba agregando la formulación F3.1-F3.2.



Figura 34 Aspersión y recubrimiento en la base del silo con F3.0 (Fuente: propia 5-11-2022)



Figura 35. Aspersión y recubrimiento en la parte intermedia del silo con F3.0 (Fuente: propia 5-11-2022)



Figura 36. Aspersión y recubrimiento con F3.0 en la parte superior del silo. (Fuente: propia 5-11-2022)

Anexo D. Silos de prueba utilizados en los bioensayos a escala piloto.



Figura 37. Silos de prueba empleados en el bioensayo a escala piloto.

Anexo E. Prueba adicional para determinar el nivel de blancura



Figura 38. Pasando la muestra F3,0 por el Motonco para determinar el nivel de humedad.



Figura 39. Agregando la muestra almacenada con la formulación F3.0 por el Scalper.



Figura 40. Muestra ingresada al Zaccarias para el proceso de trillado.