

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMIA



TESIS

**“EFICIENCIA DE CUATRO POLVOS VEGETALES MÁS UN QUÍMICO,
PARA EL CONTROL DE GORGOJO DEL MAÍZ *Pagiocerus frontalis* Fabr.**

**Curculionidae-Coleoptera, EN MAÍZ AMILÁCEO (*Zea mays L.*) EN LA
PROVINCIA DE CAJAMARCA”**

Para optar por el Título Profesional de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Presentado por la Bachiller:

MARISABEL DE JESÚS QUIROZ URRUNAGA

Asesores:

Ing. ALONSO VELA AHUMADA

Ing. M.Sc. PETER CHRIS PIÑA DÍAZ

CAJAMARCA – PERU

-2025-

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. Investigador:

Marisabel de Jesús Quiroz Urrunaga

DNI: 74144313

Escuela Profesional/Unidad UNC:

AGRONOMÍA

2. Asesor:

Ing. ALONSO VELA AHUMADA

Facultad/Unidad UNC:

Ciencias Agrarias

3. Grado académico o título profesional

Bachiller Título profesional Segunda especialidad

Maestro Doctor

4. Tipo de Investigación:

Tesis Trabajo de investigación Trabajo de suficiencia profesional

Trabajo académico

5. Título de Trabajo de Investigación:

EFICIENCIA DE CUATRO POLVOS VEGETALES MÁS UN QUÍMICO, PARA EL CONTROL DE GORGOJO DEL MAÍZ *Pagiocerus frontalis* Fabr. Curculionidae coleóptero, EN MAÍZ AMILÁCEO (*Zea mays* L.) EN LA PROVINCIA DE CAJAMARCA

6. Fecha de evaluación: 19/12/2025

7. Software antiplagio: TURNITIN URKUND (OURIGINAL) (*)

8. Porcentaje de Informe de Similitud: 13%

9. Código Documento: oid::3117:542212012

10. Resultado de la Evaluación de Similitud:

APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 19/12/2025

*Firma y/o Sello
Emisor Constancia*



Ing. Alonso Vela Ahumada
DNI: 26604965

* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
“NORTE DE LA UNIVERSIDAD PERUANA”
Fundada por Ley N° 14015, del 13 de febrero de 1962
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
Secretaría Académica



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad de Cajamarca, a los nueve días del mes de octubre del año dos mil veinticinco, se reunieron en el ambiente 2C - 202 de la Facultad de Ciencias Agrarias, los miembros del Jurado, designados según Resolución de Consejo de Facultad N° 528-2025-FCA-UNC, de fecha 15 de setiembre del 2025, con la finalidad de evaluar la sustentación de la TESIS titulada: “EFICIENCIA DE CUATRO POLVOS VEGETALES MÁS UN QUÍMICO, PARA EL CONTROL DE GORGOJO DEL MAÍZ *Pagiocerus frontalis* Fabr. Curculionidae-Coleoptera, EN MAÍZ AMILÁCEO (*Zea mays L.*) EN LA PROVINCIA DE CAJAMARCA”, realizada por la Bachiller MARISABEL DE JESÚS QUIROZ URRUNAGA para optar el Titulo Profesional de INGENIERO AGRÓNOMO.

A las diecisiete horas y diez minutos, de acuerdo a lo establecido en el Reglamento Interno para la Obtención de Título Profesional de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca, el Presidente del Jurado dio por iniciado el Acto de Sustentación, luego de concluida la exposición, los miembros del Jurado procedieron a la formulación de preguntas y posterior deliberación. Acto seguido, el Presidente del Jurado anunció la aprobación por unanimidad, con el calificativo de dieciséis (16); por tanto, la Bachiller queda expedita para proceder con los trámites que conlleven a la obtención del Título Profesional de INGENIERO AGRÓNOMO.

A las dieciocho horas y diez minutos del mismo día, el Presidente del Jurado dio por concluido el Acto de Sustentación.

Dr. Isidro Rimarachin Cabrera
PRESIDENTE

Dr. Edin Edgardo Alva Plasencia
SECRETARIO

Ing. José Lizandro Silva Mego
VOCAL

Ing. Alonso Vélez Ahumada
ASESOR

Ing. Peter Chris Piña Díaz
ASESOR

DEDICATORIA

A mi amada madre Dora, por ser la luz que siempre guio con esperanza y fe inquebrantables. Su amor y palabras de aliento me dieron fuerzas cuando pensaba que no podía más. Gracias a su constante presencia en momentos de incertidumbre, por recordarme siempre que, con esperanza, todo es posible.

A mi querido padre William, por ser la base sobre la cual construí mis sueños. Su apoyo académico fue fundamental en cada etapa de este camino, siempre brindándome las herramientas para ser mejor, y enseñándome que la dedicación es la clave para alcanzar cualquier meta.

A mi hermana Gabriela, por ser mi apoyo incondicional en los momentos más difíciles, y mi compañera de risas y de crecimiento. Es una verdadera fuente de fortaleza para mí.

A mi hermano Ronald, por ser un ejemplo de esfuerzo, perseverancia y éxito. Siempre ha sido una fuente de inspiración, demostrando que, con dedicación y trabajo, se puede superar cualquier obstáculo.

A todos ustedes, esta tesis es el resultado de su amor, esfuerzo y apoyo. Sin ustedes, este logro no habría sido posible.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por su guía constante y su compañía inquebrantable, tal como Él mismo lo prometió: 'Y les aseguro que estaré con ustedes siempre, hasta el fin del mundo' (Mateo 28:20).

Agradezco de manera especial al Ingeniero Alonso Vela Ahumada, por su orientación, paciencia y dedicación durante el desarrollo de esta investigación. Su experiencia, compromiso y valiosas observaciones han sido fundamentales para enriquecer este trabajo y para mi formación profesional.

Extiendo mi sincero agradecimiento al Ingeniero Peter Chris Piña Díaz, del Instituto Nacional de Innovación Agraria – EEA Baños del Inca, por su valiosa asesoría, disponibilidad y guía técnica a lo largo de esta investigación. Su apoyo y conocimientos especializados contribuyeron significativamente al logro de los objetivos planteados.

RESUMEN

Durante el almacenamiento de semillas de maíz, la infestación por el gorgojo del maíz (*Pagiocerus frontalis* F.) es muy perjudicial. Este insecto perfora los granos, afectando su calidad y viabilidad. El estudio se realizó en las instalaciones del INIA, Baños del Inca y en el laboratorio de entomología de la Universidad Nacional de Cajamarca (2,720 m.s.n.m). Tuvo como objetivo determinar la eficiencia de cuatro polvos vegetales y un químico para controlar al *Pagiocerus frontalis* F. Los tratamientos fueron: T₁ Malathion - Insecticida organofosforado sintético (0.75 g), T₂ Pimienta negra - *Piper nigrum* (25 g), T₃ Ruda - *Ruda graveolens* (25 g), T₄ Paico - *Chenopodium ambrosioides* L. (25 g) y T₅ Muña - *Minthostachys mollis* (25 g) y T₆ como testigo absoluto. Se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DBCA) con seis tratamientos y tres repeticiones. Las variables evaluadas incluyeron la mortalidad de gorgojos a los 10, 20, 30, 40 y 80 días post-infestación, número de gorgojos vivos, daño en los granos y el porcentaje de germinación de las semillas a los 80 días post-infestación. Los resultados indicaron que el tratamiento químico T₁ (Malathion) fue el más efectivo, eliminando el 100% de los gorgojos a los 10 días, con el menor daño en granos (40) y el mayor porcentaje de germinación (82.33%). El T₄ (Paico) fue el segundo más efectivo, con 11.7 gorgojos muertos, 52 gorgojos vivos y un 71.33% de germinación. Los demás tratamientos vegetales (Muña, Pimienta negra, Ruda) fueron menos efectivos, mostrando más de 200 gorgojos vivos y un bajo porcentaje de germinación (<35%). Se concluye que el tratamiento químico con Malathion fue el más eficaz para el control de gorgojos y preservación de la calidad de las semillas, mientras que Paico fue la mejor opción vegetal, y los demás tratamientos vegetales no fueron efectivos.

Palabras claves. Plagas de almacén, gorgojo, control ecológico, polvos vegetales

ABSTRACT

During the storage of corn seeds, infestation by the corn weevil (*Pagiocerus frontalis* F.) is highly detrimental. This insect bores into the grains, affecting their quality and viability. The study was conducted at the INIA facilities, Baños del Inca, and in the entomology laboratory of the National University of Cajamarca (2,720 meters above sea level), with the objective of determining the efficiency of four plant powders and a chemical treatment to control *Pagiocerus frontalis* F. The treatments were: T1 Malathion – synthetic organophosphate insecticide (0.75 g), T2 Black pepper – *Piper nigrum* (25 g), T3 Rue – *Ruta graveolens* (25 g), T4 Epazote – *Chenopodium ambrosioides* L. (25 g), T5 Muña – *Minthostachys mollis* (25 g), and T6 as an absolute control. A Completely Randomized Design (CRD) was used with six treatments and three repetitions. The variables evaluated included weevil mortality at 10, 20, 30, 40, and 80 days post-infestation, the number of live weevils, grain damage, and the seed germination percentage at 80 days post-infestation. The results indicated that the chemical treatment T1 (Malathion) was the most effective, eliminating 100% of the weevils in 10 days, with the least grain damage (40) and the highest germination percentage (82.33%). T4 (Epazote) was the second most effective, with 11.7 dead weevils, 52 live weevils, and a 71.33% germination rate. The other plant-based treatments (Muña, Black pepper, Rue) were less effective, showing more than 200 live weevils and a low germination rate (<35%). It was concluded that the chemical treatment with Malathion was the most effective for controlling weevils and preserving seed quality, while Epazote was the best plant-based option, and the other plant treatments were not effective.

Keywords: Storage pests, weevil, ecological control, plant powders.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
RESUMEN	iii
ABSTRACT	iv
ÍNDICE GENERAL	v
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	x
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1 Descripción del problema	1
1.2 Formulación del problema	3
1.3 justificación	3
1.3.1 Justificación científica	3
1.3.2 Justificación teórico - práctica	4
1.3.3 Justificación institucional y personal	5
1.4 Objetivos	5
1.4.1 Objetivo General	5
1.4.1.1 Objetivos Específicos	6
1.5 Hipótesis	6
CAPÍTULO II: REVISIÓN DE LITERATURA	7
2.1 Antecedentes	7
2.1.1 A nivel internacional	7
2.1.2 A nivel nacional	9
2.1.3 A nivel local	9
2.2 Marco teórico	9
2.2.1 Origen y domesticación del maíz amiláceo	9
2.2.2 Cultivo de maíz amiláceo (<i>Zea mays L.</i>)	10
2.2.3 Taxonomía del maíz	10
2.2.4 Gorgojo del maíz <i>Pagiocerus frontalis F</i>	11
2.2.5 Taxonomía de gorgojo del maiz	11
2.2.6.1 Huevos	11
2.2.6.2 Larva	12
2.2.6.3 Pupa	12
2.2.6.4 Adulto	12
2.2.7 Ciclo biológico	13
2.2.8 Control de plagas	13
2.2.9 Importancia de la sostenibilidad en el control de plagas	14
2.2.10 Germinación de semillas	14
2.2.10.1 Imbibición.	14
2.2.10.2 Digestión y transporte de alimentos	14
2.2.10.3 Elongación celular	14
2.2.10.4 Germinación visual	15
2.2.10.5 Plántula	15
2.2.11 Porcentaje de germinación en maíz	15
2.2.12 Alternativas ecológicas de control de plagas de almacén	15
2.2.13 Fitopesticidas	16
a.2 Ruda <i>Ruda graveolens</i>	16
a.3 Pimienta negra <i>Piper nigrum</i>	18
a.4 Paico (<i>Chenopodium ambrosioides L</i>)	19

a.5	Muña (<i>Minthostachys mollis</i>)	20
2.2.13	Tratamientos químicos	22
2.2.14	Insecticida en polvo fosforado	22
a.6	Malathion	22
2.3	Definición de términos	23
b.1	ISTA	23
b.2	Gorgojo	23
b.3	Semilla	23
b.4	Germinación	23
b.5	Viabilidad de la semilla	24
b.6	Grano	24
CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS		25
3.1	Ubicación	25
3.1.1	Materiales	27
3.2.1	Genético	27
3.2.2	Insumos	27
3.2.3	Equipos	27
3.2.4	Materiales de gabinete	27
3.3	Metodología	28
3.3.1	Tipo y diseño de experimentación	28
3.3.2	Unidad experimental	29
3.3.3	Diseño experimental	29
3.3.4	Hipótesis de ANOVA	30
3.4	Actividades realizadas	31
3.4.1	Crianza nasal de gorgojos (<i>Pagiocerus frontalis</i> frab.)	31
3.4.2	Obtención de polvos vegetales	31
3.4.2.1	Secado	31
3.4.2.2	Triturado	31
3.4.2.3	Pesado	31
3.4.3	Malathion PS	32
3.5	Instalación del experimento	33
3.6	Operacionalización de variables	34
3.7	Variables a evaluar	34
3.7.1	Mortalidad de gorgojos <i>Pagiocerus frontalis</i> F.	34
3.7.2	Daño en granos	34
3.7.3	Número de gorgojos vivos a los 80 DDI	34
3.7.4	Evaluación de % de germinación de semilla posterior a la exposición de los tratamientos.	35
3.8	Trabajo en laboratorio	35
3.9	Trabajo de gabinete	35
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN		36
4.1	Gorgojos muertos: Primera evaluación, a los 10 días post - infestación.	36
4.2	Gorgojos muertos: Segunda evaluación, a los 20 días post - infestación	38
4.3	Gorgojos muertos: Tercera evaluación, a los 30 días post - infestación	39
4.4	Gorgojos muertos: Cuarta evaluación, a los 40 días post - infestación	41
4.5	Gorgojos muertos: Quinta evaluación, a los 80 días post - infestación	43
4.6	Granos dañados a los 80 días post – infestación	45
4.7	Gorgojos vivos a los 80 días post – infestación	48
4.8	Porcentaje de germinación a los 80 días post - infestación	50
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		54

5.1	Conclusiones	54
5.2	Recomendaciones	55
CAPÍTULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS		56
CAPÍTULO VII: ANEXOS		63
7.1	Datos de las evaluaciones realizadas en el transcurso del experimento	63
7.2	Imágenes del proceso de la investigación.	67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Título	Página
1	<i>Tratamientos en estudio.</i>	28
2	<i>Características del experimento.</i>	28
3	<i>Análisis de varianza generalizado para un diseño de bloques completo al azar.</i>	30
4	<i>Análisis de varianza para gorgojos muertos a los 10 días post – infestación.</i>	36
5	<i>Prueba de comparaciones múltiples con Tukey 5 % para gorgojos muertos a los 10 días post - infestación</i>	36
6	<i>Análisis de varianza para gorgojos muertos a los 20 días post – infestación</i>	38
7	<i>Prueba de comparaciones múltiples con Tukey 5 % para gorgojos muertos a los 20 días post – infestación.</i>	38
8	<i>Análisis de varianza para gorgojos muertos a los 30 días post – infestación.</i>	39
9	<i>Prueba de comparaciones múltiples con Tukey 5 % para gorgojos muertos a los 30 días post – infestación.</i>	40
10	<i>Análisis de varianza para gorgojos muertos a los 40 días post – infestación.</i>	41
11	<i>Prueba de comparaciones múltiples con Tukey 5 % para gorgojos muertos a los 40 días post – infestación.</i>	42
12	<i>Análisis de varianza para gorgojos vivos, a los 80 días post – infestación.</i>	43
13	<i>Prueba de comparaciones múltiples con Tukey 5 % para gorgojos vivos a los 80 días post – infestación.</i>	44
14	<i>Análisis de varianza para porcentaje de germinación a los 80 días post – infestación y exposición a los tratamientos en estudio.</i>	45
15	<i>Prueba de comparaciones múltiples con Tukey 5 % para porcentaje de germinación a los 80 días post – infestación y exposición a los tratamientos en estudio.</i>	46
16	<i>Datos de las evaluaciones para gorgojos muertos a los 10 días post - infestación.</i>	48
17	<i>Datos de las evaluaciones para gorgojos muertos a los 20 días post - infestación.</i>	48
18	<i>Datos de las evaluaciones para gorgojos muertos a los 30 días post - infestación.</i>	50
19	<i>Datos de las evaluaciones para gorgojos muertos a los 40 días post - infestación.</i>	51
20	<i>Datos de las evaluaciones para gorgojos muertos a los 80 días post - infestación.</i>	63
21	<i>Datos de las evaluaciones para granos dañados a los 80 días post - infestación.</i>	64
22	<i>Datos de las evaluaciones para gorgojos vivos a los 80 días post - infestación.</i>	64

23	<i>Datos de las evaluaciones para porcentaje de germinación a los 80 días post - infestación.</i>	64
24	<i>Datos de las evaluaciones para gorgojos muertos a los 40 días post - infestación.</i>	65
25	<i>Datos de las evaluaciones para gorgojos muertos a los 80 días post - infestación.</i>	65
26	<i>Datos de las evaluaciones para granos dañados a los 80 días post - infestación</i>	65
27	<i>Datos de las evaluaciones para gorgojos vivos a los 80 días post - infestación.</i>	66
28	<i>Datos de las evaluaciones para porcentaje de germinación a los 80 días post - infestación</i>	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Título	Página
1	<i>Ubicación donde se desarrollará el trabajo experimental.</i>	26
2	Croquis experimental	29
3	<i>Histograma para gorgojos muertos a los 10 días post - infestación</i>	37
4	<i>Histograma para gorgojos muertos a los 20 días post - infestación</i>	39
5	<i>Histograma para gorgojos muertos a los 30 días post - infestación</i>	41
6	<i>Histograma para gorgojos muertos a los 40 días post - infestación</i>	42
7	<i>Histograma para gorgojos muertos a los 80 días post - infestación</i>	44
8	<i>Histograma para granos dañados a los 80 días post – infestación.</i>	46
9	<i>Histograma para gorgojos vivos a los 80 días post – infestación.</i>	49
10	<i>Histograma para porcentaje de germinación a los 80 días post – infestación.</i>	51
11	Crianza masal de gorgojo del maíz <i>Pagiocerus frontalis</i> Frab.	67
12	Población alta posterior a la reproducción masal de 3 meses.	67
13	Separado de adultos de <i>Pagiocerus frontalis</i> frab para instalación de experimento.	68
14	Selección de granos (semilla) en buen estado físico y sanitario.	68
15	Prueba de porcentaje de germinación, del lote de semilla a utilizar en el experimento. 3 repeticiones.	69
16	Conteo de plántulas emergidas a los 12 días posterior a la instalación (en promedio 90 % de poder germinativo).	69
17	Pesado de granos de maíz choclero variedad INIA 603, para instalación del experimento en estudio.	70
18	Secado bajo sombra del material vegetal en estudio.	70
19	Molido de cada uno de los vegetales a utilizar como tratamientos en estudio	71
20	Tratamientos vegetales molidos y pesados para instalación del experimento.	71
21	<i>Identificación de cada tratamiento para distribución según croquis experimental</i>	72
22	<i>Distribución de tratamientos, iniciando de la parte inferior izquierda, repetición 1.</i>	72
23	<i>Evaluaciones de gorgojos muertos a los 10 días post – infestación.</i>	73
24	<i>Evaluación de gorgojos muertos a los 20 días después de la infestación</i>	73
25	<i>Daño de gorgojo en el testigo a los 40 días después de la infestación</i>	74
26	<i>Daño de gorgojo en el testigo a los 80 días después de la infestación</i>	74
27	<i>Prueba de poder germinativo a los 80 días después de la infestación</i>	75
28	<i>Conteo de plántulas germinadas a los 80 días después de la infestación</i>	75

CAPÍTULO I.

INTRODUCCIÓN

En el territorio nacional, la siembra de maíz amiláceo abarca 211,507 hectáreas, destacando que Cajamarca lidera la producción en el Perú con 36,824 hectáreas (MIDAGRI, 2021). El maíz amiláceo es un cultivo estratégico para la seguridad alimentaria del Perú, siendo uno de los principales alimentos de los habitantes de la sierra e importante fuente de ingresos para los productores andinos (INACAL, 2020). MIDAGRI (2021) menciona que el departamento de Cajamarca obtiene en promedio 8 t·ha⁻¹. Este bajo rendimiento se atribuye a la escasa utilización y acceso por parte de los agricultores a semillas de calidad, así como a la falta de tecnología adecuada para las labores culturales durante el desarrollo del cultivo.

Una semilla de alta calidad desempeña un papel crucial en la eficiencia y productividad varietal al facilitar una germinación uniforme y rápida, incluso en condiciones ambientales diversas. La evaluación de la calidad de la semilla se basa en la consideración de varios atributos esenciales, como la calidad genética, fisiológica, física y sanitaria (Basra, 1995; Copeland y McDonald, 1995).

Los granos (semillas) de maíz almacenados por los agricultores son atacados por el gorgojo del maíz (*Pagiocerus frontalis* F.), el cual, al alimentarse, produce un daño significativo y, en casos severos, puede provocar la pérdida total del grano. El uso de polvos vegetales como alternativas al control químico de plagas ha ganado atención en la agricultura sostenible debido a sus múltiples beneficios. Estos productos, elaborados a partir de plantas con propiedades insecticidas, representan una solución ecológica y segura para el manejo de plagas en granos almacenados, como el gorgojo del maíz (*Pagiocerus frontalis* Frab). Su aplicación no solo reduce

la dependencia de plaguicidas sintéticos, sino que también minimiza los riesgos para la salud humana y el impacto ambiental (Isman, 2006).

En el contexto de la agricultura peruana, donde la conservación de la biodiversidad y la salud del agricultor son prioritarias, la investigación sobre la eficacia de polvos vegetales es crucial. Este estudio pretende contribuir al conocimiento científico proporcionando alternativas prácticas y sostenibles para el control de plagas en el maíz amiláceo, lo que podría mejorar la productividad y seguridad alimentaria en las comunidades maiceras de la región de Cajamarca (Gómez, 2018).

La finalidad de esta investigación es evaluar la eficacia de diferentes polvos vegetales como alternativas naturales y sostenibles para el control del gorgojo del maíz (*Pagiocerus frontalis* F.) en los granos almacenados de maíz amiláceo en la región de Cajamarca. El estudio busca proporcionar a los agricultores una opción ecológica para el manejo de plagas, que no solo favorezca la conservación de la biodiversidad local, sino que también incremente la calidad y productividad de la cosecha, contribuyendo así a la seguridad alimentaria y al bienestar económico de las familias productoras de maíz. Además, se espera que los resultados de esta investigación puedan ser aplicados en otras regiones agrícolas del Perú, promoviendo prácticas agrícolas más sostenibles a nivel nacional.

1.1 Descripción del problema

Durante el almacenamiento, la semilla de maíz enfrenta amenazas significativas, siendo el gorgojo del maíz (*Pagiocerus frontalis* F.). Las perforaciones en el endospermo producidas por este insecto al alimentarse, reducen la calidad del grano y su capacidad para germinar (perdida de viabilidad) (Copeland & McDonald, 1995). Jardine y Phillips (2017) destacan que las larvas que emergen de los huevos se alimentan principalmente del endospermo y del germen, lo que disminuye el valor nutricional del grano y afecta su viabilidad como semilla. A medida que las

larvas se desarrollan, provocan daños severos al grano, creando túneles que permiten la entrada de hongos y otros patógenos, intensificando el deterioro. Estos daños no solo resultan en grandes pérdidas económicas, sino que también ponen en riesgo la seguridad alimentaria al reducir la disponibilidad de semillas de calidad para la siguiente campaña. A pesar de la gravedad del problema, los agricultores, preocupados por los efectos en su salud, suelen limitar el uso de productos químicos para controlar esta plaga. Además, las alternativas ecológicas existentes son pocas y, a menudo, costosas.

En este contexto, surge la necesidad de investigar y comparar la eficacia de métodos ecológicos a base de materiales vegetales de fácil adquisición y bajo costo para el control del gorgojo del maíz (*Pagiocerus frontalis* F.). Este estudio busca no solo destacar la efectividad de estos métodos, sino también resaltar su bajo costo, con el objetivo de promover su adopción entre los productores maiceros, brindando así una solución sostenible y accesible a esta problemática.

1.2 Formulación del problema

¿Cuál es la eficacia de cuatro polvos vegetales, comparados a un tratamiento químico y un testigo absoluto, para controlar el gorgojo del maíz *Pagiocerus frontalis* Frab? bajo condiciones de almacenamiento?

1.3 Justificación

1.3.1 Justificación científica

El gorgojo del maíz (*Pagiocerus frontalis* F.) es una plaga de almacenamiento que causa pérdidas significativas en la producción de maíz amiláceo, un cultivo de gran importancia en la región de Cajamarca y en todo el Perú. La búsqueda de métodos de control que sean ecológicos

y efectivos es fundamental para preservar la calidad de las semillas y garantizar la seguridad alimentaria. Este estudio tiene un enfoque científico al evaluar la eficacia de polvos vegetales como alternativa a los plaguicidas químicos. Investigaciones anteriores han demostrado que los polvos vegetales poseen propiedades insecticidas que pueden ser aprovechadas en la agricultura sostenible (Isman, 2006). Por ejemplo, Dhanalakshmi et al. (2019) encontraron que polvos derivados de *Azadirachta indica* (neem) reducen significativamente la población de plagas en granos almacenados. Además, Lara et al. (2014) reportaron que extractos de plantas como el eucalipto y el ajo actúan como repelentes y tóxicos para diversos insectos, disminuyendo su tasa de supervivencia y reproducción.

La eficacia de estos polvos puede atribuirse a compuestos naturales como alcaloides, terpenoides y flavonoides, que tienen efectos neurotóxicos y disruptores endocrinos en las plagas (Gómez et al., 2017). En el contexto de la agricultura peruana, donde la conservación de la biodiversidad y la salud del agricultor son prioritarias, la investigación sobre la eficacia de polvos vegetales es crucial. Este estudio pretende contribuir al conocimiento científico proporcionando alternativas prácticas y sostenibles para el control de plagas en el maíz amiláceo, lo que podría mejorar la productividad y seguridad alimentaria en las comunidades maiceras de la región de Cajamarca (Gómez, 2018).

1.3.2 Justificación teórico - práctica

En la práctica agrícola, el manejo de plagas es un desafío constante, especialmente en la fase de almacenamiento, donde las pérdidas pueden alcanzar hasta el 100% si no se controlan adecuadamente (Copeland & McDonald, 1995). Este estudio no solo aporta un marco teórico sobre la utilización de polvos vegetales como controladores biológicos, sino que también ofrece un enfoque práctico, evaluando la efectividad real de estos polvos bajo condiciones locales. La comparación entre diferentes polvos vegetales y un tratamiento químico permitirá identificar

opciones viables y accesibles para los agricultores de la región. Los resultados prácticos de esta investigación pueden ser directamente aplicables en el campo, proporcionando a los productores herramientas efectivas y sostenibles para proteger sus cosechas, mejorando así su rendimiento y la calidad de las semillas almacenadas.

1.3.3 Justificación institucional y personal

Este estudio se alinea con los objetivos de la Universidad Nacional de Cajamarca y su Facultad de Ciencias Agrarias, que buscan promover la investigación en soluciones sostenibles para la agricultura regional. Además, como futura ingeniera agrónoma, este proyecto representa un aporte significativo a mi formación profesional, permitiéndome contribuir directamente al desarrollo agrícola de mi región. La investigación realizada no solo beneficia a la comunidad maicera local, sino que también fortalece mi capacidad para diseñar y aplicar soluciones innovadoras en mi práctica profesional. La realización de este trabajo, bajo la guía de mis asesores, refleja el compromiso institucional y personal con la mejora de la agricultura y la protección del medio ambiente en Cajamarca.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Determinar la eficiencia de cuatro polvos vegetales más un químico, para controlar gorgojo del maíz *Pagiocerus frontalis* F. en maíz amiláceo variedad INIA 603 Choclero, bajo condiciones de almacenamiento.

1.4.1.1 Objetivos Específicos

- Determinar la eficacia de la pimienta negra (*Piper nigrum*) en polvo, para controlar gorgojo del maíz *Pagiocerus frontalis* F. en maíz amiláceo variedad INIA 603 Choclero, bajo condiciones de almacenamiento.
- Determinar la eficacia de ruda (*Ruda graveolens*) en polvo para controlar gorgojo del maíz *Pagiocerus frontalis* F. en maíz amiláceo variedad INIA 603 Choclero, bajo condiciones de almacenamiento.
- Determinar la eficacia de paico (*Dysphania ambrosioides*) en polvo para controlar gorgojo del maíz *Pagiocerus frontalis* F. en maíz amiláceo variedad INIA 603 Choclero, bajo condiciones de almacenamiento.
- Determinar la eficacia de muña (*Minthostachys mollis*) en polvo para controlar gorgojo del maíz *Pagiocerus frontalis* F. en maíz amiláceo variedad INIA 603 Choclero, bajo condiciones de almacenamiento.
- Comparar el efecto de cuatro polvos vegetales y el polvo químico Malathion (insecticida fosforado), frente a un testigo absoluto.

1.5 Hipótesis

Al menos 1 tratamiento con polvos vegetales es más eficaz para el control de gorgojo del maíz *Pagiocerus frontalis* F. manifestando en menor daño en grano (semilla), gorgojos vivos y mayor mortalidad de adultos, así como mayor porcentaje de germinación.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes

2.1.1. A nivel internacional

Rangel et al. (2020) investigó en Yucatán, México, el uso del epazote o paico (*Dysphania ambrosioides*) como método para controlar los daños causados por el gorgojo (*Sitophilus zeamais* M.) en el maíz (*Zea mays* L.) durante su manejo postcosecha. Evaluó 11 genotipos de maíz, incluyendo experimentales y comerciales, los sometió a diferentes concentraciones de polvo de paico. Los resultados mostraron que hubo diferencias entre los genotipos de maíz en términos de pérdida de peso, siendo el híbrido CLTHW14001 el menos afectado. Las dosis más altas de epazote (7 y 10 g/kg de semilla) fueron las más efectivas en reducir la pérdida de peso, el daño en los granos y la supervivencia de los insectos. Se concluyó que el uso de polvo de paico en concentraciones a partir de 7 g/kg de semilla es efectivo para el control del gorgojo en maíz, y que la respuesta al tratamiento puede variar dependiendo del genotipo de maíz utilizado.

Salvadores et al. (2007), en Chile, llevaron a cabo pruebas de laboratorio para evaluar el efecto de polvos vegetales de nueve especies condimentarias en el control del gorgojo del maíz, (*Sitophilus zeamais* M.) probaron diferentes concentraciones de los polvos y evaluaron variables como la mortalidad y emergencia de adultos, pérdida de peso y germinación del grano, así como el efecto repelente y fumigante. Observaron que el polvo de *Piper nigrum* L. fue el más efectivo, logrando una mortalidad del 100% a una concentración del 4%, seguido por *Capsicum annuum* var. *Longum Sendtn.*, *Cinnamomun zeylanicum* Blime y *Pimpinella anisum* L.

Seham (2023) realizó una investigación en Egipto, donde tuvo como objetivo de estudio, evaluar el nivel de susceptibilidad de los cultivares de maíz a la infección por *Sitophilus zeamais* (Motschulsky), quien es insecto plaga voraz del maíz almacenado. Asimismo, evaluar la eficacia del polvo de pimienta negra, *Piper nigrum* L. como insecticida contra esta plaga para proteger el maíz almacenado. Los valores del índice de susceptibilidad mostraron que los cultivares THW-310 y THY-352 fueron más susceptibles a la infección por *S. zeamais*, y los niveles de algunos aminoácidos fueron más altos que los cultivares SHY-162 y SHW-10, que mostraron una infección relativamente baja. En todas las variedades de maíz, la aplicación de polvo de *P. nigrum* redujo la gravedad de la infestación por *S. zeamais*, mejoró significativamente el crecimiento de las plántulas y el porcentaje de germinación después de seis meses de almacenamiento del maíz, en comparación con las muestras no tratadas.

Zurita et al. (2017) realizaron un estudio en laboratorio para evaluar el efecto de polvos vegetales en la mortalidad del gorgojo del maíz, así como en el peso final de los granos, el número de granos perforados y el peso del material de desecho. Probaron polvos de cuatro especies de plantas: *Ruta graveolens* (ruda), *Urtica dioica* (ortiga), *Ambrosia arborescens* (marco) y *Buddleja globosa* (matico) a una concentración del 5% del peso del grano, comparándolos con un insecticida convencional en polvo (Malathion) y un testigo sin aplicación. Los resultados mostraron que la ruda y el marco causaron un 53,35% y un 41,65% de mortalidad en el gorgojo del maíz, respectivamente. Esto sugiere que estas plantas podrían ser utilizadas junto con otras estrategias de manejo en granos almacenados, aunque se necesitan más estudios para determinar la concentración óptima de estos polvos.

2.1.2. A nivel nacional

Agrobanco (2012) menciona que los granos de maíz, destinados para semilla sin infestación de gorgojo pueden ser guardadas en envases herméticos, p.e, cilindros de 200 Lts, o protección de mazorcas y granos en almacén con arena fina del río. Las plantas repelentes principalmente la Muña mezclada con los granos de maíz evita las infestaciones y daños del gorgojo barrenador del maíz.

2.1.2. A nivel local

Revilla (2000) llevó a cabo una investigación en el Laboratorio de Entomología de la Universidad Nacional de Cajamarca en el cual probó el efecto de cuatro dosis (5, 10 , 15 y 20 kg/t de grano de maíz) con los siguientes productos: semillas molidas de chocho (*Lupinus mutabilis Sweet*), hojas secadas y molidas de Chancua (*Minthostachys sp.*), paico (*Chenopodium ambrosioides L.*) y tabaco silvestre (*Nicotiana glutinosa L.*) como preventivos al ataque del barrenador del maíz (*Pagiocerus frontalis* Fabr.) en un diseño completamente al azar. Entre los resultados obtuvo que hasta los 36 días se logró controlar un 76.65% de barrenadores con chancua y un 73.35 % con tabaco silvestre empleándose una dosis de 20 kg/t de cada producto. Los Productos más ineficientes fueron: el paico en todas sus dosis y el chocho a dosis de 5 kg/t.

2.2. Marco teórico

2.2.1. Origen y domesticación del maíz amiláceo

El maíz amiláceo, una de las variedades más antiguas y valoradas, se originó en las regiones altas de América Latina, particularmente en los Andes. Este tipo de maíz fue domesticado hace miles de años por las civilizaciones precolombinas, que lo cultivaban por su alto contenido de almidón. A diferencia de otras variedades de maíz, como el maíz dentado, el

maíz amiláceo se caracteriza por sus granos suaves y harinosos, que son ideales para la elaboración de productos tradicionales (Benz, 2001).

2.2.2. Cultivo de maíz amiláceo (*Zea mays L.*)

El maíz amiláceo, también conocido como maíz de almidón, es un tipo de maíz que se caracteriza por su alto contenido de almidón en los granos, lo que lo distingue de otras variedades como el maíz dentado o el maíz dulce. Este tipo de maíz es especialmente valorado por su uso en la industria debido a su elevada proporción de amilopectina, un componente clave del almidón que facilita la producción de productos como jarabes, bioplásticos y adhesivos. Además, el maíz amiláceo también es consumido directamente, ya que sus granos son más suaves y fáciles de moler, lo que lo hace ideal para la elaboración de harinas y alimentos tradicionales como el mote y la chicha, tamales, entre otros (Centro Internacional de Maíz y Trigo [CIMMYT], 2021).

2.2.3. Taxonomía del maíz

- ❖ **Reino** : Plantae (Plantas)
- ❖ **División** : Tracheophyta (Plantas vasculares)
- ❖ **Subdivisión** : Pteridopsida
- ❖ **Clase** : Angiospermae (Plantas con flores)
- ❖ **Subclase** : Monocotyledonae (Monocotiledóneas)
- ❖ **Orden** : Poales
- ❖ **Familia** : Poaceae (Familia de las gramíneas)
- ❖ **Tribu** : Maydeae
- ❖ **Género** : Zea
- ❖ **Especie** : *Zea mays L.* (Linneo, 1753).

2.2.4. Gorgojo del maíz (*Pagiocerus frontalis*)

Pagiocerus frontalis, de la familia Curculionoidea conocido como “gorgojo barrenador andino de los granos de maíz” entre los agricultores, es una plaga importante que afecta el maíz almacenado, debido a su preferencia por el maíz amiláceo. Este insecto provoca daños y contaminación en los granos de maíz amiláceo, ya sea al alimentarse de ellos o al secretar excrementos. Si se encuentran más de 9 insectos por recipiente de almacenamiento, se considera que el grano está infestado (Bolívar, 2007, p. 180). En Perú es una de las principales plagas de almacenamiento de maíz en varias regiones de clima frío (Saldarriaga, 1984).

2.2.5. Taxonomía del gorgojo del maíz

- ❖ **Orden:** Coleóptera
- ❖ **Suborden:** Polyphaga
- ❖ **Superfamily:** Curculionoidea
- ❖ **Familia:** Curculionidae
- ❖ **Subfamilia:** Scolytinae
- ❖ **Tribu:** Hylesinini: Bothrosternina
- ❖ **Género:** Pagiocerus
- ❖ **Especie:** *Pagiocerus frontalis* (Fabricius, 1801).

2.2.6 Morfología del gorgojo del maíz *Pagiocerus frontalis* Frab.

2.2.6.1 Huevos

Los huevos de *Pagiocerus frontalis* tienen una forma ovalada y miden aproximadamente 0.3 mm de longitud. Su color es blanco translúcido, lo que les proporciona un aspecto brillante. Las hembras depositan estos huevos dentro de los granos de maíz, que previamente han sido perforados para protegerlos y facilitar su desarrollo. La tasa de eclosión depende de las condiciones ambientales, particularmente de la temperatura y la humedad, las cuales son cruciales para el desarrollo adecuado del embrión (Hagstrum & Subramanyam, 2009).

El huevo de *Pagiocerus frontalis* es de tamaño pequeño, con una longitud promedio de alrededor de 0.3 mm. Tiene una forma ovalada y su color es blanco con un ligero tinte cremoso, lo que lo hace difícil de distinguir a simple vista sobre el sustrato de los granos de maíz (Álvarez, 2020).

2.2.6.2 Larva

Inicialmente son de color blanco lechoso uniforme y, al final de color blanco sucio. Son del tipo exarata y permanecen dentro del grano hasta su transformación en imágos (Aldana, 1994).

Las larvas son de color blanco a crema y tienen un cuerpo curvado en forma de "C", similar a otros escarabajos de la misma familia. Estas larvas se desarrollan dentro del grano de maíz, donde se alimentan hasta llegar a la etapa de pupa (Saldarriaga, 1984).

2.2.6.3 Pupa

La pupa es exórate o libre, de color blanco cremoso y mide entre 2 a 2,5 mm de longitud (Álvarez, 2020).

La pupa de *Pagiocerus frontalis* es de tipo exarata, con una coloración crema y escasa movilidad. Permanece dentro del grano en una celda que fue construida por la larva al concluir su desarrollo. El estado de pupa dura, en promedio, 4.5 días (ICA, 1987).

2.2.6.4 Adulto

El adulto es un volador hábil y no presenta dimorfismo sexual marcado. Tanto machos, como hembras son de color pardo oscuro, con alas membranosas bien desarrolladas y élitros con puntuaciones y pubescencias poco notorias y poseen un aparato bucal masticador dotado de mandíbulas bien quitinizadas y vigorosas (Aldana, 1994).

Es un pequeño escarabajo de color marrón oscuro a negro, que mide entre 2 y 3 mm de longitud. Su cuerpo es cilíndrico y cubierto por un exoesqueleto duro y brillante. La cabeza del insecto es pequeña y lleva un par de antenas en forma de maza, lo que le permite detectar señales químicas en su entorno. El tórax es robusto y protege las partes vitales del insecto, mientras que el abdomen es alargado y está bien adaptado para la vida dentro de los granos de maíz, donde el insecto pasa la mayor parte de su vida adulta (Hagstrum & Subramanyam, 2009).

Schulz (2023) describe a *Pagiocerus frontalis* como un escarabajo pequeño, perteneciente a la familia Curculionidae, que mide entre 2.5 y 3 mm de longitud. Su cuerpo es cilíndrico y de color marrón oscuro a negro. Los élitros presentan surcos longitudinales bien marcados y cubren completamente el abdomen.

2.2.7. Ciclo biológico

Cevallos (2020) indica 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 alcanza los 223 días en maíz suave.

Las larvas del *Pagiocerus frontalis*. Pasan por cuatro estadios. La duración del estado larval es de 21 a 24 días. El periodo de pupa es de 10 a 12 días, la pre- ovoposición es de 4 a 6 días la, ovoposición de las hembras es de 15 a 27 días, la mayor capacidad de ovoposición es entre el 6 y 14 día, la longevidad de los adultos es mayor en las hembras que en los machos, teniéndose un promedio de 60 días para las hembras y 47 días para los machos (Ortega, 2000).

2.2.8 Control de plagas

Se utilizan diversas técnicas para controlar plagas de insectos en productos almacenados, desde el soleamiento y ahumado en la granja tradicional hasta la irradiación en gran escala en almacenes de productos a granel. productos como polvos químicos, líquidos para

rociados, fumigantes (FAO, 1985). Así mismos productos alternativos con polvos vegetales muestran buenos resultados para el control de plagas como gorgojos.

2.2.9 Importancia de la sostenibilidad en el control de plagas

El desarrollo de métodos de control de plagas que sean sostenibles y respetuosos con el medio ambiente es crucial para la agricultura moderna. La adopción de alternativas ecológicas, como los polvos vegetales, no solo ayuda a mitigar los efectos negativos de los productos químicos, sino que también promueve prácticas agrícolas más sostenibles. Esto es especialmente relevante en regiones donde los agricultores dependen de métodos tradicionales y buscan soluciones accesibles y seguras para proteger sus cultivos y, al mismo tiempo, conservar la biodiversidad y la salud del suelo (Pretty, 2008).

2.2.10 Germinación de semillas

El Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación – MAPA (1993) menciona que la germinación es el conjunto de procesos que se producen en la semilla desde que el embrión comienza a crecer hasta que se ha formado una pequeña planta que puede vivir por sí misma, independiente del alimento almacenado en la semilla. Consta de las siguientes etapas:

2.2.10.1 Imbibición. Es el período durante el cual la semilla absorbe (embebe) agua y se hincha.

2.2.10.2 Digestión y transporte de alimentos. Se libera enzimas digestivas que disuelven parte del alimento que es absorbido desde el tejido almacenado hasta el embrión.

2.2.10.3 Elongación celular. Las células embrionarias son pequeñas antes de la germinación y el primer crecimiento del embrión se debe a que sus células aumentan su tamaño y no a que se multipliquen. El embrión utiliza las proteínas, las grasas y los hidratos de carbono, digeridos y absorbidos desde el tejido de almacén de alimentos, para respirar y para alargar sus células.

2.2.10.4 Germinación visual. Cuando tiene lugar la elongación celular podemos observar cómo el embrión se va abultando hasta que uno de los extremos del eje embrionario rompe las envueltas seminales y aparece claramente a nuestra vista, dándonos la primera señal palpable de que la semilla está germinando.

2.2.10.5 Plántula. es la pequeña y rudimentaria plantita, que posee ya su radícula y su primer brote, pero que aún se alimenta de las reservas nutritivas de la semilla. Rápidamente formará las primeras hojas, que podrán realizar la función clorofílica, y desarrollará pelos absorbentes en la raíz, a través de los que absorberá del suelo agua con sales minerales disueltas.

2.2.11 Porcentaje de germinación en maíz

La International Seed Testing Association – ISTA, descrito por MINAGRI (2012) menciona que para semillas del cultivo de maíz *Zea mays* L. para todas las categorías: Básica, registrada, certificada y autorizada, el porcentaje mínimo de germinación es 80 %.

2.2.12 Alternativas ecológicas de control de plagas de almacén

Las alternativas ecológicas de control de plagas en almacenes hacen referencia a un conjunto de estrategias y métodos diseñados para prevenir, controlar o erradicar plagas de manera sostenible, sin recurrir a químicos sintéticos que puedan contaminar los productos almacenados o el medio ambiente. Estas alternativas utilizan principios ecológicos, tales como el aprovechamiento de procesos biológicos, físicos, culturales o naturales, para lograr el control de plagas de manera eficaz y respetuosa con el entorno (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2025).

2.2.13 Fitopesticidas

Existen algunas familias de plantas con propiedades pesticidas que ayudan a los cultivos a crecer con menor posibilidad de sufrir este tipo de daños causados por plagas o enfermedades. Entre los agentes bioquímicos encontramos a los fitopesticidas, sustancias naturales que se obtienen a partir de plantas con propiedades plaguicidas (Fertiberia, 2016).

Perú es considerado uno de los 12 países megadiversos del mundo, albergando aproximadamente 19,500 especies de plantas. Los valles interandinos destacan por su notable diversidad vegetal, la cual incluye especies con una amplia variedad de usos (De la Cruz, 2007).

Existen algunas familias de plantas con propiedades pesticidas que ayudan a los cultivos a crecer con menor posibilidad de sufrir este tipo de daños causados por plagas o enfermedades. Entre los agentes bioquímicos encontramos a los fitopesticidas, sustancias naturales que se obtienen a partir de plantas con propiedades plaguicidas (Fertiberia, 2016).

a.2 Ruda *Ruda graveolens*; Rutaceae

La ruda es rica en compuestos volátiles, sobre todo cetonas alifáticas como 2-undecanona (metil nonil cetona) y 2-nananona, además de furanocumarinas y alcaloides. Estos metabolitos se asocian con actividad repelente, fumigante y de contacto frente a varios coleópteros de grano almacenado (*Sitophilus oryzae*, *Sitophilus zeamais*; *Rhyzopertha dominica*). Autores describen que las hojas de ruda como repelente y el de aceites y/o extractos como insecticidas contra plagas cercanas (Nahar et al., 2021; Semerdjieva et al., 2019; Jianu et al., 2021; Perera & Karunaratne, 2015; Jeon et al., 2015).

a.2.1. Composición química de *Ruda graveolens* con comportamiento entomológico

Volátiles (aceite esencial): predominan 2-undecanona y 2-nananona; con frecuencia también 2-nonil acetato y trazas de monoterpenos (α -pineno, limoneno, 1,8-cineol). La 2-undecanona puede superar el 70% en algunos aceites de ruda esto puede variar depende de

variabilidad por órgano/planta/origen (Nahar et al., 2021; Semerdjieva et al., 2019; Jianu et al., 2021).

Furanocumarinas: Como el psoraleno, bergapteno (5-metoxi-psoraleno), sustancias fototóxicas (Luo et al., 2024; Grosu et al., 2024)

Alcaloides: quinolínicos y acridónicos como son skimmianina, arborinina, con diversos efectos biológicos; su papel entomotóxico directo es secundario frente a las cetonas volátiles. (Luo et al., 2024).

Cetonas alifáticas (en especial 2-undecanona) están documentadas como repelentes y/o insecticidas y figuran incluso en listados regulatorios como ingrediente activo repelente (Environmental Protection Agency [EPA], 2012; EPA, 2025).

a.2.2. Mecanismos de acción insecticida

El aceite esencial de ruda contiene compuestos bioactivos que le confieren propiedades insecticidas y repelentes. Los principales mecanismos de acción son:

- **Actividad fumigante y repelente:** Los principales componentes volátiles del aceite esencial de ruda son la 2-undecanona (16.22%) y la 2-nonanona (11.9%). Estos compuestos actúan como fumigantes y repelentes, interfiriendo con el sistema nervioso de los insectos y causando parálisis y muerte (Nahar et al., 2021).
- **Neurotoxicidad:** La 2-undecanona, en particular, es conocida por su capacidad para interferir con los canales de sodio en las células nerviosas de los insectos, afectando la transmisión nerviosa y provocando parálisis (Nahar et al., 2021).
- **Inhibición enzimática:** Los alcaloides presentes en la ruda, como la skimmianina, pueden interferir con las enzimas digestivas de los insectos, dificultando su capacidad para procesar alimentos y afectando su metabolismo (Nahar et al., 2021).

a.3 Pimienta negra *Piper nigrum*; Piperaceae

Fuente tradicional de insecticidas de especias (pimienta blanca y negra), y de medicamentos. Los compuestos presentan acción insecticida, manifestada como toxicidad aguda y propiedades “Knock down” (privación momentánea de la movilidad del insecto). Sus moléculas activas son las piperamidas y en menor proporción los lignanos y ácidos benzoicos. También la familia Piperaceae se distingue por la producción de sinergizantes, es decir, al combinarse con un producto de acción pesticida es capaz de producir un efecto superior al esperado (Fertiberia, 2016).

a.3.1. Composición química de *Piper nigrum* con comportamiento entomológico

Los frutos (bayas) de *P. nigrum* contienen: (a) un aceite esencial (0.4–7% p/p) rico en monoterpenos y sesquiterpenos—típicamente β-cariofileno, limoneno, β-pineno, α-pineno, δ-3-careno y sabineno y (b) una fracción no volátil con alcaloides tipo piperamidas, donde piperina es el principal (\approx 2–7% p/p de la semilla), además de oleoresinas y trazas fenólicas (Ashokkumar et al., 2021; Menon et al., 2019).

El polvo de pimienta aporta sobre todo piperina + oleoresina (contacto/ingestión). El aceite esencial aporta volátiles con acción fumigante/repelente y de contacto. (Ashokkumar et al., 2021; Menon et al., 2019).

a.3.2. Mecanismos de acción insecticida

Varias especies de *Piper* presentan inhibición de acetilcolinesterasa (AChE) por sus aceites esenciales; este es un blanco neurotóxico clásico en insectos (Xiang et al., 2017).

En *Sitophilus zeamais* se ha demostrado que aceites de *Piper* pueden inhibir enzimas digestivas (amilasa y tripsina) y afectar la fisiología alimentaria (de Lira Pimentel et al., 2022).

Los aceites esenciales, en general, muestran toxicidad por contacto/fumigación y fuerte repelencia contra *S. zeamais*; una meta análisis de 56 estudios cuantifica la potencia promedio

(Achimón et al., 2022) y otros trabajos relacionan repelencia con inhibición de acetilcolinesterasa AChE (Muñoz et al., 2024).

La piperina (alcaloide de *P. nigrum*) tiene actividad insecticida y, en mezclas, puede modular enzimas de detoxificación (carboxilesterasas, GST, AChE) – mecanismo clave en sinergias/antagonismos (Kumrungsee et al., 2022).

a.4 Paico *Chenopodium ambrosioides* L.; Chenopodiaceae

El paico, es una planta aromática y medicinal que se ha utilizado por siglos como condimento y contra parásitos intestinales (Tavares y Vendramim, 2005).

En México se siembra alrededor y dentro de los huertos para repeler hormigas, en Argentina y Brasil se coloca en las camas o dentro de las habitaciones para repeler pulgas, y en Camerún algunos productores almacenan su grano mezclado con follaje de esta planta para evitar el daño de plagas (Rodríguez, 2005).

a.4.1. Composición química de *Chenopodium ambrosioides* L. con comportamiento entomológico

Sus hojas y flores contienen varios compuestos bioactivos, especialmente aceite esencial, flavonoides, Fenilpropanoides. Entre los principales componentes destacan:

- Aceite esencial: contiene monoterpenos como ascaridole, limoneno, p-cimeno, α-terpineno, germacreno D y trans-β-ocimeno. El ascaridole es el principal componente, representando hasta el 70% del aceite esencial (Denloye et al., 2010).
- Flavonoides: como quercetina y apigenina, que tienen propiedades antioxidantes y pueden influir en la actividad enzimática de los insectos (Peña et al., 2025).
- Fenilpropanoides: como el ácido rosmarínico, que posee propiedades antiinflamatorias y antioxidantes (Peña et al., 2025).

Estos compuestos confieren al paico propiedades insecticidas y repelentes, lo que lo hace potencialmente útil para el control de plagas en granos almacenados.

Estos componentes tienen propiedades insecticidas, repelentes y antifúngicas, lo que hace al paico una planta potencialmente útil para el control de plagas de granos almacenados. (He et al., 2019).

a.4.2. Mecanismos de acción insecticida

Los principales mecanismos de acción del paico como fitopesticida incluyen:

- **Actividad fumigante:** el aceite esencial de paico, especialmente el ascaridole, actúa como un fumigante que afecta el sistema nervioso de los insectos, causando parálisis y muerte (Mahmoudvand, 2011).
- **Inhibición de la actividad enzimática:** los flavonoides presentes en el paico pueden interferir con las enzimas digestivas de los insectos, reduciendo su capacidad para procesar alimentos y afectando su desarrollo (Peña et al., 2025).
- **Repelencia:** compuestos como el limoneno y el p - cimeno tienen propiedades repelentes que pueden disuadir a los insectos de infestar los granos tratados (Peña et al., 2025).

a.5 Muña *Minthostachys mollis*; Lamiaceae

La muña es un arbusto que alcanza entre 0.9 y 1.5 metros de altura, caracterizado por una copa densa con hojas opuestas y aserradas, cubiertas de vellos en los pecíolos y en la parte inferior de las hojas, donde se concentra la mayor cantidad de aceite esencial. Su tallo es ramificado, y sus flores, pequeñas y blancas, tienen formas irregulares o zigomorfas, agrupándose en racimos cortos. (Cano, 2007). las partes aéreas de *Minthostachys mollis* contienen el aceite esencial eucaliptol, cuya ingestión alta puede ser toxica para la salud y/o este ser utilizado como insecticida (Foods, 2021).

Linares (2020) en una publicación denominada “Consideraciones para el uso y estudio de la “muña” peruana *Minthostachys mollis*” menciona lo siguiente: son conocidas como “muña” en los países de los andes de Sudamérica Perú y Bolivia, su uso tradicional se reporta ancestralmente en la conservación de la papa y como planta medicinal (Ormachea 1979, Corroto et al. 2019).

a.5.1. Composición química de *Minthostachys mollis* con comportamiento entomológico

Sierra et al. (2025) menciona que los principales componentes identificados en el aceite esencial de muña son:

- **Pulegona:** constituyente mayoritario, con propiedades insecticidas.
- **Mentona:** contribuye a la actividad repelente.
- **Mentol:** posee efectos calmantes y puede influir en la actividad enzimática de los insectos.
- **Eucaliptol:** con propiedades antimicrobianas.
- **Carvona:** contribuye a la actividad insecticida.

a.5.2. Mecanismos de acción insecticida

- **Actividad fumigante:** el aceite esencial de muña, especialmente la pulegona, actúa como un fumigante que afecta el sistema nervioso de los insectos, causando parálisis y muerte (Zhang, 2020).
- **Inhibición de la actividad enzimática:** los compuestos presentes en el aceite esencial de muña pueden interferir con las enzimas digestivas de los insectos, reduciendo su capacidad para procesar alimentos y afectando su desarrollo (Zhang, 2020).

- **Repelencia:** compuestos como el mentona y el eucaliptol tienen propiedades repelentes que pueden disuadir a los insectos de infestar los granos tratados (Zhang, 2020).

2.2.13 Tratamientos químicos

2.2.14 Insecticida en polvo fosforado

a.6 Malathion

El malatió n es un insecticida organofosforado sintético de amplio uso en agricultura con actividad por contacto, ingestión e inhalación. De gran efecto de choque y bajo poder residual. Interfiere la transmisión de los impulsos nerviosos por inhibición de la colinesterasa (De Liñan, 2009).

El malatió n es un plaguicida usado para matar insectos en cosechas agrícolas, en productos almacenados (ATSDR, s/f).

Ingrediente activo

MALATION: (0,0-dimetil fosforoditioato de etil mercapto succinato) (Equivalente a 40 gr de IA/Kg) (Agroquimicos Rivas, 2017)

Toxicidad

De Liñan (2009) menciona que el malatió n es bastante liposoluble por lo que se absorbe con rapidez en el organismo humano. Se metabolizan con rapidez tanto en insectos como en vertebrados. El uso del malatió n se extendió por cuatro razones fundamentales: toxicidad relativamente baja para mamíferos, reducida persistencia, amplio espectro y bajo precio. Sin embargo, su uso fue más rápido que los estudios para determinar su impacto real. Existen numerosas evidencias bibliográficas que describen los efectos negativos del malatió n sobre la salud humana y los ecosistemas.

2.3 Definición de términos

b.1 ISTA

International Seed Testing Association - ISTA (Asociación Internacional de Ensayos de Semillas), es una asociación internacional sin fines de lucro relacionados con el análisis de semillas cuya actividad principal es la de proporcionar métodos y servicios para dicho fin (Hernanz, et al., 2005)

b.2 Gorgojo

Insecto coleóptero de pequeño tamaño, con la cabeza prolongada en un pico o rostro, en cuyo extremo se encuentran las mandíbulas. Hay muchas especies cuyas larvas se alimentan de semillas, por lo que constituyen graves plagas del grano almacenado (RAE, 2001)

b.3 Semilla

Órgano vegetal resultado de la fertilización en las plantas con flores (angiospermas y gimnospermas), utilizado en la siembra, reproducción y multiplicación de la especie o variedad (SAGARPA, s/f).

Grano que en diversas formas producen las plantas y que al caer o ser sembrado produce, a su vez, nuevas plantas de la misma especie (RAE, 2001)

b.4 Germinación

Proceso mediante el cual una semilla inicia su desarrollo para convertirse en una plántula, lo que ocurre cuando se cumplen ciertas condiciones ambientales favorables, como la presencia de agua, oxígeno y temperatura adecuada. Este proceso comienza con la absorción de agua por la semilla, seguida de la activación de enzimas que movilizan las reservas de nutrientes, permitiendo el crecimiento de la radícula y la posterior emergencia de las primeras hojas (Bewley, Bradford, & Hilhorst, 2013).

b.5 Viabilidad de la semilla

La viabilidad se refiere a la capacidad de una semilla para germinar y desarrollar una plántula vigorosa. En el contexto del almacenamiento y control de plagas, la viabilidad es un indicador clave de la calidad del grano (Copeland y McDonald, 1995).

b.6 Grano

Cuando se destinan para la alimentación humana y animal, o como materia prima para la industria (SAGARPA, s/f).

CAPÍTULO III

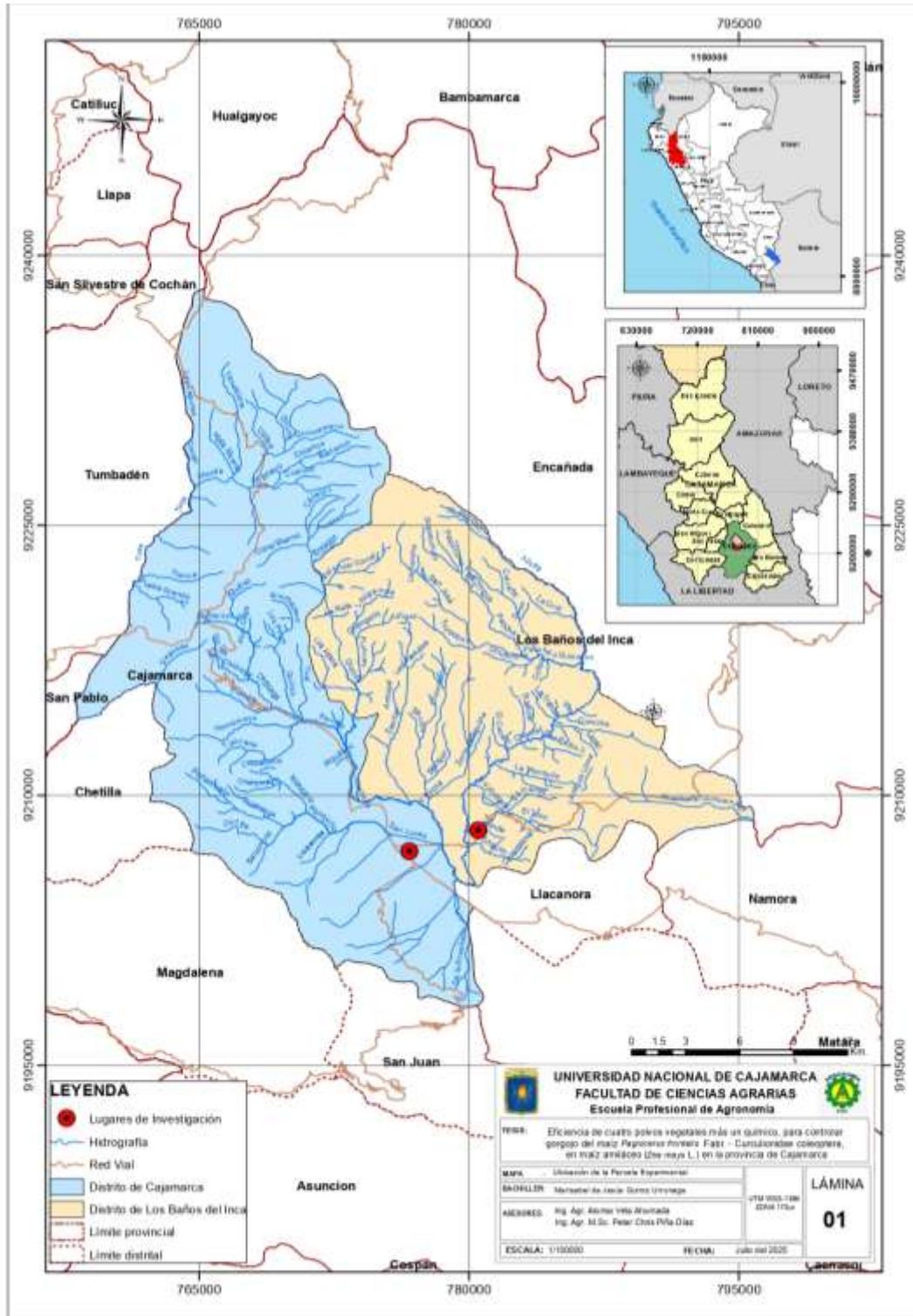
MATERIALES Y METODOS

3.1 Ubicación

Se realizó en instalaciones del Instituto Nacional de Innovación Agraria – INIA, distrito de Los Baños del Inca y en el laboratorio de Entomología de la Universidad Nacional de Cajamarca, provincia y departamento de Cajamarca, con coordenadas geográficas: UTM 780440.08 E y 9208025.40 S, con 2 720 m s.n.m.

Figura 1

Ubicación donde se desarrollará el trabajo experimental.



3.1.1 Materiales

3.2.1 Genético

- Semilla de maíz blanco variedad INIA 603 – Choclero.

3.2.2 Insumos

- **Malatión** (Insecticida organofosforado sintético) en polvo.
- **Ruda** (*Ruda graveolens*) en polvo.
- **Pimienta negra** (*Piper nigrum*) en polvo.
- **Paico** (*Chenopodium ambrosioides* L.; Chenopodiaceae) en polvo.
- **Muña** (*Minthostachys mollis*)

3.2.3 Equipos

- Laptop, Estereoscopio, cámara profesional, Balanza de precisión.

3.2.4 Materiales de gabinete

- Sacos pequeños de tela (tokuyo), usadas usualmente por los productores para conservar pequeñas cantidades de semilla.
- Lupa
- Libro de campo
- Recipientes pequeños de plástico
- Rafia

Tabla 1*Tratamientos en estudio.*

Tratamiento	Descripción
T₀ (testigo)	500 g de maíz INIA 603 infestado con 20 gorgojos. Evaluación a los 10, 20, 30 40 y 80 días después del almacenamiento.
T₁	500 g de maíz INIA 603 con 0.75 g Malathion en polvo, infestado con 20 gorgojos adultos. Evaluación a los 10, 20, 30 40 y 80 días después del almacenamiento.
T₂	500 g de maíz INIA 603 con 25 g de pimienta negra en polvo, infestado con 20 gorgojos adultos. Evaluación a los 10, 20, 30 40 y 80 días posterior al almacenamiento.
T₃	500 g de maíz INIA 603 con 25 g de ruda en polvo, infestado con 20 gorgojos adultos. Evaluación a los 10, 20, 30 40 y 80 días posterior al almacenamiento.
T₄	500 g de maíz INIA 603 con 25 g de paico en polvo, infestado con 20 gorgojos adultos. Evaluación a los 10, 20, 30 40 y 80 días posterior al almacenamiento.
T₅	500 g de maíz INIA 603 con 25 g de muña en polvo, infestado con 20 gorgojos adultos. Evaluación a los 10, 20, 30 40 y 80 días posterior al almacenamiento.

3.3 Metodología

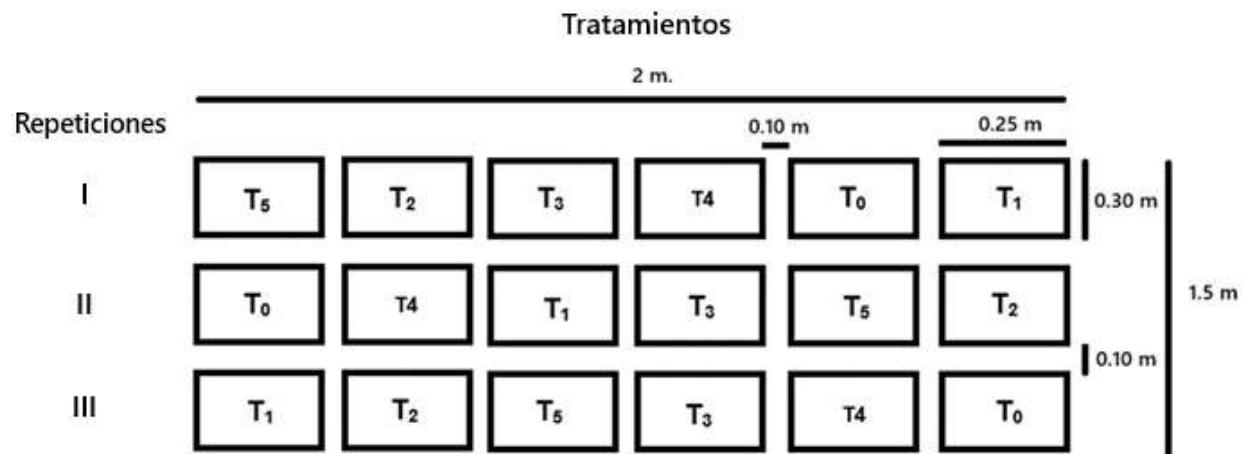
3.3.1 Tipo y diseño de experimentación

Tabla 2*Características del experimento*

Número de sacos de Yute	24
semillas por tratamiento	500 g
Número de gorgojos por tratamiento	20
Número de repeticiones	3
Número de tratamientos	6
Total, de unidades experimentales	18
Área del experimento	3 m ²
Diseño experimental	Bloque Completos al azar
Prueba de significación	Tukey al 5%

Figura 2

Distribución de los tratamientos



3.3.2 Unidad experimental

La unidad experimental es un pequeño costal de tela de 20 cm de largo por 15 cm de ancho con capacidad para 1 kg de maíz aproximadamente; en el cual se colocó 500 g de semillas de maíz amiláceo variedad INIA 603 – Choclero, con la infestación de 20 gorgojos, y su respectivo tratamiento (tabla 1), con 3 repeticiones.

3.3.3 Diseño experimental

Se utilizó el Diseño Completamente al Azar (DBCA), con 6 tratamientos y 3 repeticiones.

Se utilizó la siguiente fórmula matemática para el análisis de varianza:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \epsilon_{ij}$$

Donde:

- Y_{ij} es la observación para la j -ésima unidad experimental en el i -ésimo nivel altitudinal.
- μ es la media global.
- α_i es el efecto del i -ésimo nivel altitudinal.
- ϵ_{ij} es el error aleatorio.

Tabla 1

Análisis de varianza generalizado para un diseño de bloques completo al azar.

Fuente de variación	Grados de libertad	Modelo I	Modelo II	ECM
Bloques	(b-1)			
Tratamientos	(t-1)	$\sigma_e^2 + \frac{b \sum_{i=1}^t \tau_i^2}{(t-1)}$	$\sigma_e^2 + b \sigma_{\tau_i}^2 \mathbf{M}_1$	
Error	(b-1)(t-1)	σ_e^2	σ_e^2	\mathbf{M}_2
Total	(bt-1)			

Fuente: Vásquez, A.V. (2014)

3.3.4 Hipótesis de ANOVA

Hipótesis nula - H0: No hay diferencias significativas entre los tratamientos para controlar a gorgojo del maíz *Pagiocerus frontalis* Frab.

Hipótesis alterna - Ha: Al menos un tratamiento difiere significativamente.

3.3.5 Comparaciones múltiples

Se realizará entre los utilizando el procedimiento de Tukey 5%.

$$q = \frac{\bar{X}_i - \bar{X}_j}{\sqrt{MS_E/n}}$$

Donde:

- \bar{X}_i, \bar{X}_j son las medias de los niveles a comparar.
- MS_E es la media de los cuadrados del error (residual).
- n es el número total de observaciones.

3.4 Actividades realizadas

3.4.1 Crianza masal de gorgojos (*Pagiocerus frontalis* Frab.)

Se colocaron granos de maíz amiláceo variedad INIA 603, en 3 bolsas de papel Kraft de 4 kg de capacidad, infestadas de gorgojos (*Pagiocerus frontalis* Frab.) durante 2 meses a temperatura ambiente.

3.4.2 Obtención de polvos vegetales

3.4.2.1 Secado

Se recolectaron muestras frescas de las plantas seleccionadas. El secado se realizó bajo sombra para evitar degradar los compuestos activos responsables de la acción insecticida, disminuyendo su eficacia (Isman, 2020).

3.4.2.2 Triturado

Las muestras secas fueron sometidas a un proceso de trituración para facilitar la extracción de los compuestos activos. La trituración se realizó utilizando un mortero de cerámica, asegurando que las plantas fueran molidas hasta obtener un producto homogéneo. Este procedimiento permitió liberar los aceites esenciales y otros compuestos bioactivos de las plantas, optimizando su efectividad como insecticidas naturales.

3.4.2.3 Pesado

Se realizó con una balanza de precisión, pesando los tratamientos correspondientes según la tabla 5.

3.4.3. Malathion PS

Para el tratamiento químico se utilizó el pesticida Malathion 4% es un insecticida formulado en polvo seco

3.4.3.1. Composición:

Malathion Concentración: 4%

Formulación: Polvo seco

Grupo Químico: Organofósforado

Clase de Uso: Higiene industrial

Fórmula Empírica: C₁₀H₁₉O₆PS₂

Peso Molecular (g/mol): 330.36

3.4.3.2. Características propiedades fisicoquímicas

Densidad Relativa: No aplica

Estado Físico: Sólido

Color: Blanco humo

Olor: Ligero a mercaptanos.

Explosividad: No explosivo

Corrosividad: No corrosivo

Estabilidad en Almacenamiento: Es estable bajo condiciones normales de manipulación y almacenamiento por 2 años.

3.4.3.3. Mecanismo de acción

Malathion 4% PS actúa inhibiendo la Acetyl colinesterasa mediante el bloqueo de la enzima acetilcolina, la cual interrumpe la transmisión de los impulsos nerviosos, dando como resultado una depresión respiratoria del insecto, cansancio muscular y finalmente provocando su muerte.

3.4.3.4. Dosis para maíz

Picudo del maíz (*Sitophilus zeamais*); Barrenador grande de los granos (*Prostephanus truncatus*); Gorgojo castaño de la harina (*Tribolium castaneum*); Palomilla de los molinos (*Ephestia kuehniella*); Pagiocerus frontalis. 1 – 1.5 kg/t:

Si para 1 kg se utiliza 1.5 kg de malathion, entonces para 1000 kg corresponderían 1500 kg de malathion. Para 500 g, se necesitarían 0.75 g de malathion.

3.5 Instalación del experimento

Se utilizaron 24 sacos pequeños de tela, cada uno destinado a contener 500 g de semilla completamente sanos y sin daños físicos. Se contabilizo 20 gorgojos provenientes de la crianza masal, y se aplicaron los 6 tratamientos según se indica en la Tabla 5. Cada saco fue distribuido en tres repeticiones, con el tratamiento correspondiente, siguiendo el diseño experimental establecido en el croquis.

Los tratamientos fueron almacenados dentro de un ambiente a temperatura ambiente sin control de temperatura o humedad, simulando en lo posible las condiciones del pequeño productor maicero. Se mantuvo en reposo los sacos cerrados e identificados por el transcurso de las evaluaciones correspondientes a los 10, 20, 30 y 40 días 80 posterior a la infestación.

3.6 Operacionalización de variables

- **Variable independiente:** Malathion en polvo, pimienta negra en polvo ruda en polvo, paico en polvo, muña y testigo absoluto.
- **Variable dependiente:** Mortalidad de insectos a los 10, 20, 30, 40 y 80 días post – infestación y Daño de granos, gorgojos vivos, porcentaje de germinación a los 80 días posterior a la infestación.
- **Variable bloque:** Costales pequeños de tela.

3.7 Variables a evaluar

3.7.1 Mortalidad de gorgojos *Pagiocerus frontalis* F.

Se realizó el conteo del número total de gorgojos muertos a los 10, 20, 30, 40 y 80 días posterior a la infestación, con el fin de determinar número de adultos muertos.

3.7.2 Daño en granos

Se contabilizó los granos con presencia de agujeros y/o perforaciones, que es indicador de ataque de *Pagiocerus frontalis* F. este dato es importante para determinar el daño causado por el insecto. Esta evaluación se realizó a los 10, 20, 30, 40 y 80 días posterior a la infestación (PI). Se determinó con la siguiente formula:

3.7.3 Número de gorgojos vivos a los 80 DDI

Se contabilizó el número total de gorgojos vivos (*Pagiocerus frontalis* Frab.) a los 80 días después de la infestación.

3.7.4 Evaluación de % de germinación de semilla posterior a la exposición de los tratamientos.

Con el propósito de determinar la viabilidad de las semillas, ya sea por daño o como resultado de los insumos aplicados, se llevó a cabo la evaluación del porcentaje de poder germinativo de los tratamientos. Este procedimiento implicó la selección aleatoria de 100 semillas por tratamiento, las cuales se colocaron un sustrato de tierra negra (turba) en un recipiente a temperatura ambiente. Posteriormente, se contabilizó las plántulas emergidas, y se aplicó la fórmula siguiente:

$$\text{Porcentaje de Germinación} = \left(\frac{\text{Número de Semillas Germinadas}}{\text{Número Total de Semillas}} \right) \times 100$$

3.8 Trabajo en laboratorio

Los insectos fueron trasladados al Laboratorio de Entomología de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca, para su respectivo acondicionamiento con la ayuda del estereoscopio y finalmente ser conservados en recipientes con alcohol al 70 %.

3.9 Trabajo de gabinete

Una vez recogido los datos se construyó una base de datos y se procedió al análisis estadístico. El análisis estadístico se realizó haciendo uso de estadística descriptiva: tablas, gráficos, medidas estadísticas. Para la contrastación de la hipótesis se utilizó estadística inferencial: análisis de varianza para un diseño bloque y la prueba de comparación múltiple Tukey al 95 % de confiabilidad. La información obtenida en las evaluaciones fue sistematizada, para luego realizar la redacción del trabajo de investigación.

CAPÍTULO IV.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Concluida la recolección de datos consignados en anexos (Tabla 20), correspondientes a las evaluaciones del control del gorgojo del maíz (*Pagiocerus frontalis* Fabricius), se efectuaron los análisis estadísticos; sus resultados se presentan a continuación.

4.1 Gorgojos muertos: Primera evaluación, a los 10 días después de la infestación.

Tabla 4

Análisis de varianza para gorgojos muertos a los 10 días después de la infestación.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculado	p-valor (significancia)
Tratamientos	5	872.44	174.49	266.17	<0.0001
Repetición	2	5.44	2.72	4.15	0.0487
Error	10	6.56	0.66		
Total	17	884.44			
CV. 17.77	NS: no significativo	*significativo $\alpha=0.05$		*altamente significativo $\alpha=0.01$	

La tabla 4 a los 10 días post infestación, muestra que existe alta significancia estadística entre los tratamientos debido que p valor < 0.01 y diferencia significativa entre las repeticiones debido que el p valor es menor a 0.05. El coeficiente de variabilidad es 17.77 % indicando una dispersión moderada de los datos, siendo aceptable para el tipo de experimentación presente.

Tabla 5

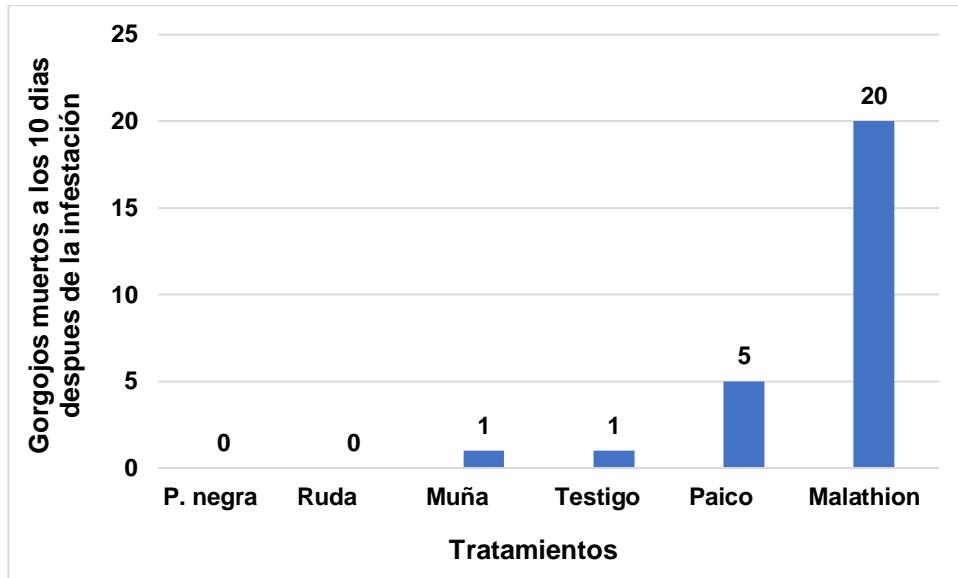
Prueba de comparaciones múltiples con Tukey 5 % para gorgojos muertos a los 10 después de la infestación.

Tratamientos	Medias de gorgojo muertos a los 10 DDI	Tukey = 0.05%		
		A	B	C
Malathion	20			
Paico	5			
Testigo	1			
Muña	1			
Ruda	0			
P. negra	0			

DMS=2.29617

Figura 3

Histograma para gorgojos muertos a los 10 días después de la infestación.



La tabla 5 prueba de comparaciones múltiples de Tukey al 5% y el histograma (figura 3), muestra que Malathion fue el tratamiento más efectivo, con una media de 20 gorgojos muertos a los 10 días después de la infestación, ubicándose en el grupo A. El Paico, con 5 gorgojos muertos, se encuentra en el grupo B, mostrando un efecto intermedio. El testigo, muña, ruda y P. negra, con valores de 1 o 0 gorgojos muertos, están en el grupo C, indicando que no tuvieron un impacto significativo en la mortalidad. La diferencia mínima significativa (DMS) es de 2.29617, lo que confirma que las diferencias entre los grupos son estadísticamente relevantes.

4.2 Gorgojos muertos: Segunda evaluación, a los 20 días después de la infestación.

Tabla 6

Análisis de varianza para gorgojos muertos a los 20 días después de la infestación.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculado	p-valor (significancia)
Tratamientos	5	10.44	2.09	23.5	<0.0001
Repetición	2	0.44	0.22	2.5	0.1317
Error	10	0.89	0.09		
Total	17	11.78			
CV. 26.2	NS: no significativo		*significativo $\alpha=0.05$		*altamente significativo $\alpha=0.01$

El análisis de la tabla 6, a los 20 días post infestación muestra que el p-valor de los tratamientos es <0.0001, indicando una diferencia altamente significativa entre los tratamientos en estudio, lo que implica que estos tuvieron un impacto notable en la variable estudiada. Por otro lado, el p-valor de las repeticiones es 0.1317, lo que sugiere que no hay una variabilidad significativa entre las repeticiones. El CV de 26.2% refleja una variabilidad moderadamente en el experimento, pero aún dentro de un rango aceptable, considerando que los tratamientos presentaron diferencias significativas.

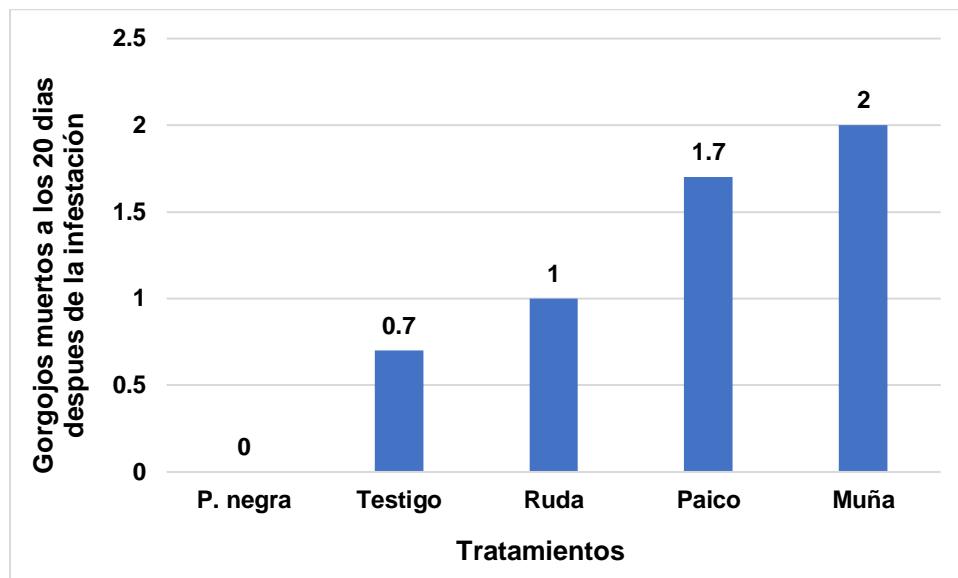
Tabla 7

Prueba de comparaciones múltiples con Tukey 5 % para gorgojos muertos a los 20 días después de la infestación.

Tratamientos	Medias de gorgojo muertos a los 20 DDI		Tukey = 0.05%		
			A	B	C
Muña	2.0		A		
Paico	1.7		A	B	
Ruda	1.0			B	C
Testigo	0.7				C
P. negra	0.0				D
DMS= 0.84552					

Figura 4

Histograma para gorgojos muertos a los 20 días después de la infestación.



La tabla 7 prueba de Tukey al 5% y el histograma (figura 4) muestra que Muña es el tratamiento más efectivo contra los gorgojos con una media de 2.0 gorgojos muertos, ubicándose en el grupo A. Paico, con 1.7 gorgojos muertos, está en el grupo A-B, mientras que Ruda (1.0) y el testigo (0.7) se agrupan en los grupos B-C y C-D, respectivamente, indicando menor eficacia. P. negra. La Diferencia Mínima Significativa (DMS) es de 0.84552.

4.3 Gorgojos muertos: Tercera evaluación, a los 30 días después de la infestación.

Tabla 8

Análisis de varianza para gorgojos muertos a los 30 días después de la infestación.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculado	p-valor (significancia)
Tratamientos	5	16.94	3.39	27.73	<0.0001
Repetición	2	0.78	0.39	3.18	0.0852
Error	10	1.22	0.12		
Total	17	18.94			
CV. 27.37	NS: no significativo	*significativo $\alpha=0.05$		*altamente significativo $\alpha=0.01$	

En esta tercera evaluación a los 30 días después de la infestación (tabla 8) muestra el p-valor de los tratamientos es <0.0001, lo que indica una diferencia altamente significativa entre ellos, sugiriendo que los diferentes tratamientos aplicados tuvieron un impacto notable en la mortalidad de los gorgojos. Por otro lado, el p-valor de las repeticiones es 0.0852, lo que indica que no hay una diferencia significativa entre ellas. El CV de 27.37% muestra una variabilidad moderadamente alta, pero dado que los tratamientos presentan diferencias significativas, los resultados siguen siendo relevantes y confiables.

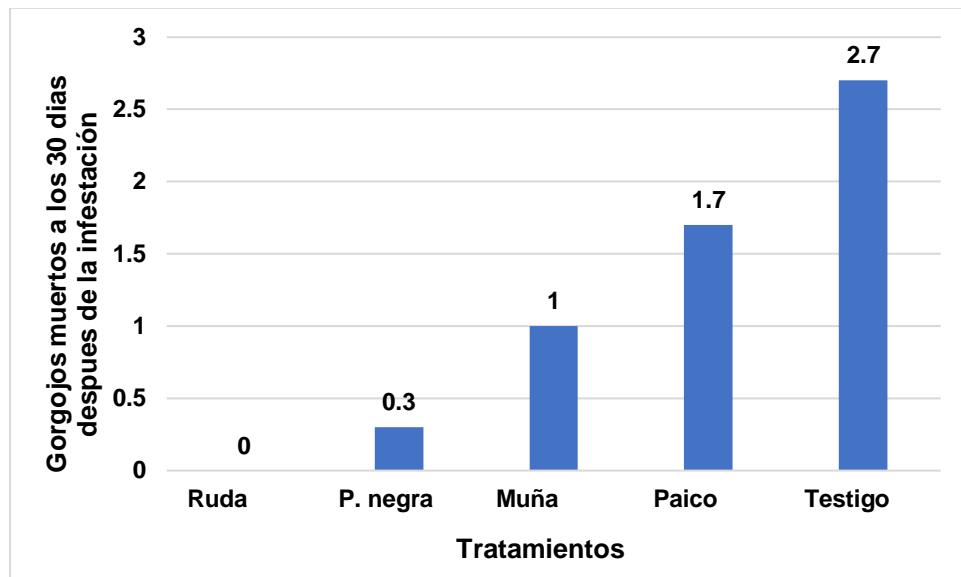
Tabla 9

Prueba de comparaciones múltiples con Tukey 5 % para gorgojos muertos a los 30 días después de la infestación.

Tratamientos	Medias de gorgojo muertos a los 30 DDI		Tukey = 0.05%		
Testigo	2.7	A			
Paico	1.7		B		
Muña	1		B	C	
P. negra	0.3			C	D
Ruda	0				D
DMS= 0.99146					

Figura 5

Histograma para gorgojos muertos a los 30 días después de la infestación.



En la Tabla 9, la prueba de comparaciones múltiples de Tukey al 5% y el histograma (figura 5) muestra que el testigo a los 30 días después de la infestación, 2.7 gorgojos muertos en promedio, ubicado en el grupo A. Paico sigue con una media de 1.7 gorgojos muertos, colocándose en el grupo B. Muña con 1 gorgojo muerto, está en el grupo B-C. Pimienta negra 0.3 y la ruda 0 gorgojos muertos, en el grupo D. La Diferencia Mínima Significativa (DMS) es de 0.99146.

4.4 Gorgojos muertos: Cuarta evaluación, a los 40 días después de la infestación.

Tabla 10

Análisis de varianza para gorgojos muertos a los 40 días después de la infestación.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculado	p-valor (significancia)
Tratamientos	5	3.11	0.62	5.09	0.014
Repetición	2	0.11	0.06	0.45	0.6472
Error	10	1.22	0.12		
Total	17	4.44			
CV. 28.14	NS: no significativo	*significativo $\alpha=0.05$		*altamente significativo $\alpha=0.01$	

La tabla 10, a los 40 días después de la infestación, muestra el p-valor de los tratamientos es 0.014, lo que indica una diferencia significativa entre los tratamientos aplicados, lo cual sugiere que influyeron de manera importante en la mortalidad de los gorgojos. Por otro lado, el p-valor de las repeticiones es 0.6472, lo que indica que no hay una diferencia significativa entre ellas. El CV de 28.14% refleja una variabilidad moderadamente alta, pero dado que los tratamientos son significativos, los resultados se consideran válidos y con relevancia estadística.

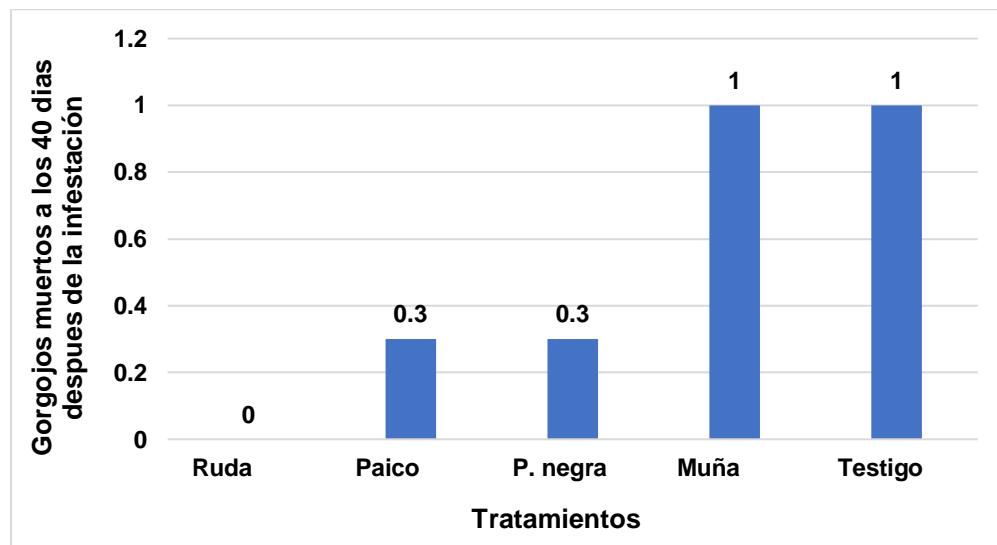
Tabla 11

Prueba de comparaciones múltiples con Tukey 5 % para gorgojos muertos a los 40 días después de la infestación.

Tratamientos	Medias de gorgojo muertos a los 40 DDI	Tukey = 0.05%
Testigo	1.0	A
Muña	1.0	A
P. negra	0.3	A B
Paico	0.3	A B
Malathion	0.0	B
Ruda	0.0	B
DMS= 0.99146		

Figura 6

Histograma para gorgojos muertos a los 40 días después de la infestación.



En la Tabla 11, prueba de comparaciones múltiples de Tukey al 5% y el histograma (figura 6) revela que tanto el testigo como Muña son los tratamientos más efectivos a los 40 días después de la infestación, con una media de 1 gorgojos muertos, ubicándose en el grupo A. Pimienta Negra y Paico, con 0.3 gorgojos muertos, están en el grupo A-B, indicando una eficacia intermedia. Ruda, 0 gorgojos muertos, se encuentran en el grupo B, mostrando menor efectividad. La Diferencia Mínima Significativa (DMS) es de 0.99146

4.5 Gorgojos muertos: Quinta evaluación, a los 80 días post - infestación

Tabla 12

Análisis de varianza para gorgojos muertos a los 80 días después de la infestación.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculado	p-valor (significancia)
Tratamientos	5	21.11	4.22	16.52	0.0001
Repetición	2	0.78	0.39	1.52	0.2649
Error	10	2.56	0.26		
Total	17	24.44			
CV. 20.68	NS: no significativo	*significativo $\alpha=0.05$		*altamente significativo $\alpha=0.01$	

En esta quinta evaluación a los 80 días después de la infestación (tabla 12), el p-valor de los tratamientos es <0.0001, indicando una diferencia altamente significativa entre los tratamientos aplicados, lo que sugiere que tuvieron un impacto muy notable en la mortalidad de los gorgojos. Por otro lado, el p-valor de las repeticiones es 0.2649, lo que indica que no hubo diferencias significativas entre ellas. El CV de 20.68% es relativamente bajo en comparación con las evaluaciones anteriores, lo que refleja una menor variabilidad.

Tabla 13

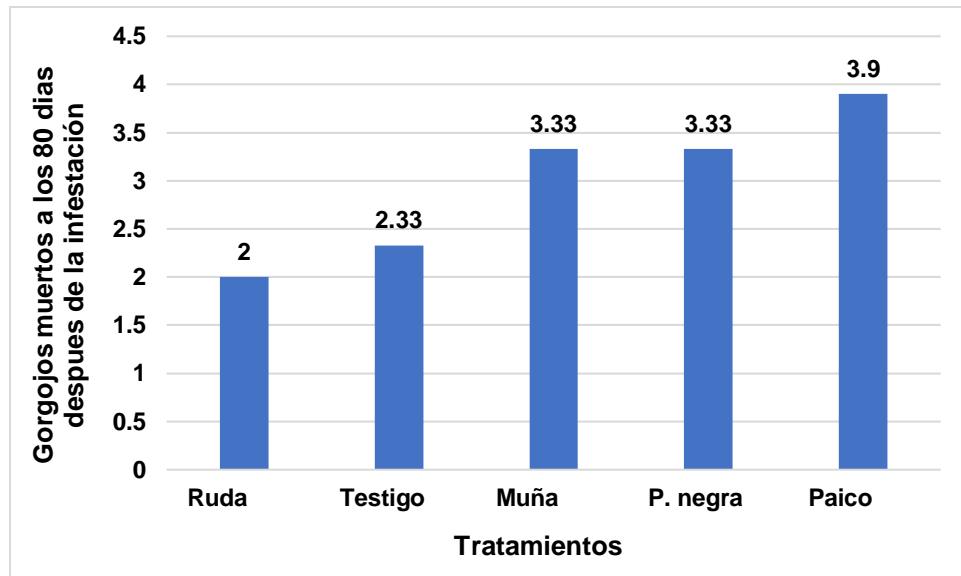
Prueba de comparaciones múltiples con Tukey 5 % para gorgojos muertos a los 80 días después de la infestación.

Tratamientos	Medias de gorgojo muertos a los 80 DDI	Tukey = 0.05%
Paico	3.90	A
P. negra	3.33	A
Muña	3.33	A
Testigo	2.33	A
Ruda	2	A

DMS= 2.04940

Figura 7

Histograma para gorgojos muertos a los 80 días después de la infestación.



La prueba de comparaciones múltiples de Tukey al 5% mostró que Paico 3.90 gorgojos muertos, P. negra, Muña, el Testigo y Ruda presentaron medias similares de gorgojos muertos, todas agrupadas en el grupo A, con medias de 3.39, 3.33, 3.33, 2.33 y 2, respectivamente. La Diferencia Mínima Significativa (DMS) fue de 2.04940.

Los datos obtenidos a los 80 DPI muestran resultados similares en la eficiencia de paico, pero con resultados positivos menores a los presentados por Rangel (2023), quien evaluó la

efectividad del epazote o paico (*Dysphania ambrosioides*) en el control del gorgojo (*Sitophilus zeamais*). En el estudio, los tratamientos vegetales como Paico 3.90, pimienta negra y Muña lograron un promedio de 3.33 gorgojos muertos a los 80 días, mientras que el grupo testigo presentó 2.33 gorgojos muertos al aplicar 25 g de paico en polvo en 0.50 kg de maíz amiláceo; en contraste, Rangel (2023) reportó una supervivencia de insectos de solo 3.5% y una pérdida de peso del 3.4% al aplicar 7 g de paico por kg de semilla.

4.6 Granos dañados a los 80 días después de la infestación.

Tabla 14

Análisis de varianza para granos dañados, a los 80 días después de la infestación.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculado	p-valor (significancia)
Tratamientos	5	1134199.11	226839.82	423	<0.0001
Repetición	2	1742.11	871.06	1.62	0.2451
Error	10	5364.56	536.46		
Total	17	1141305.78			

CV. 4.63 **NS:** no significativo *significativo $\alpha=0.05$ *altamente significativo $\alpha=0.01$

La tabla 14 el análisis de varianza mostró una diferencia altamente significativa entre los tratamientos aplicados, con un p-valor de <0.0001. En contraste, las repeticiones no mostraron diferencias significativas (p-valor de 0.2451), lo que sugiere que no influyeron de manera relevante en los resultados. El coeficiente de variación (CV) de 4.63% refleja una baja variabilidad, lo que confirma que los resultados obtenidos son consistentes y confiables.

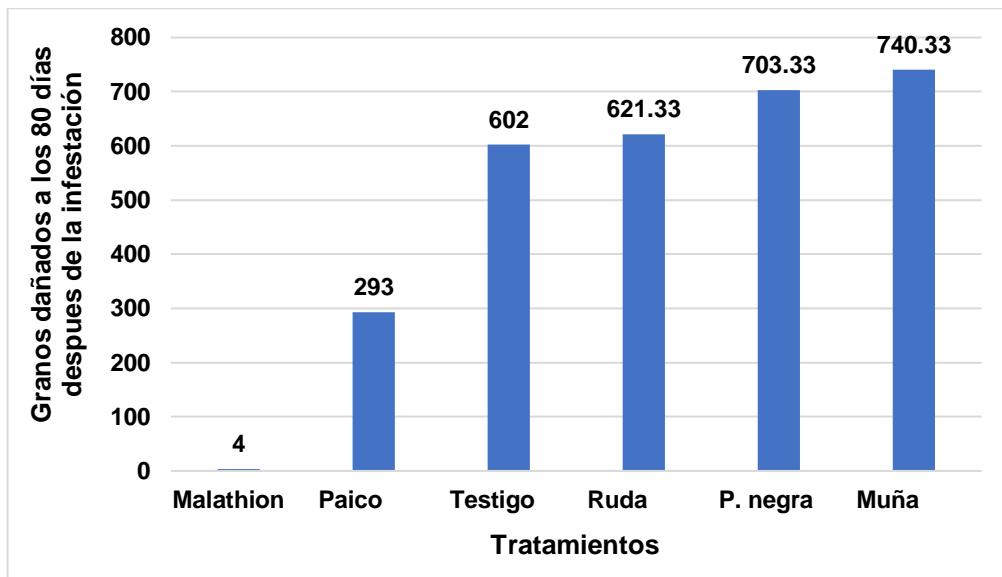
Tabla 15

Prueba de comparaciones múltiples con Tukey 5 % para número de granos dañados a los 80 días después de la infestación.

Tratamientos	Medias de granos dañados	Tukey = 0.05%
Muña	740.33	A
P. negra	703.33	A
Ruda	621.33	B
Testigo	602	B
Paico	293	C
Malathion	40.67	D
DMS= 65.68497		

Figura 8

Histograma para granos dañados a los 80 días después de la infestación.



En la tabla 15 prueba de Tukey al 5% y el histograma (figura 8) revela que la Muña y P. negra son los tratamientos menos efectivos, con medias de granos dañados de 740.33 y 703.33, respectivamente, ubicándose en el grupo A. La Ruda, con una media de 621.33, se encuentra en el grupo B, al igual que el testigo, con una media de 602 granos dañados. El Paico, con una media de 293, pertenece al grupo C. Finalmente, el Malathion, con una media de 4, es el

tratamiento más efectivo, siendo clasificado en el grupo D. La Diferencia Mínima Significativa (DMS) para esta prueba es de 66.66.

La variable de granos dañados en nuestra investigación refleja patrones interesantes en comparación con los hallazgos de Rangel (2023) y Salvadores et al. (2007). En el estudio, el tratamiento con Paico mostró una reducción moderada en el daño, con un impacto significativo en la supervivencia de los gorgojos, lo que sugiere una disminución en la perforación de granos. Zurita (2017) reportó que los polvos vegetales, como el polvo de marco y ruda, resultaron en un promedio de 6.33 y 6.67 granos perforados, respectivamente, de un total de 180 g de semillas de maíz a los 30 días posteriores a la infestación. Estos tratamientos fueron significativamente diferentes al del Malathion, que logró un control más efectivo, con solo 3 granos dañados. Además, Zurita destacó que todos los tratamientos con polvos vegetales presentaron un número significativamente menor de granos perforados en comparación con el testigo, demostrando su potencial protector. En nuestro caso, el Paico mostró una eficiencia similar, con 293 granos dañados a los 80 días tras la infestación, de un total de 1100 granos sanos (500 g) al inicio de la investigación. Estos resultados indican que, aunque los tratamientos vegetales como el Paico no son tan efectivos como los insecticidas químicos (Malathion), su uso en programas de manejo de plagas puede ser valioso para minimizar el daño en los granos almacenados, ofreciendo un enfoque más sostenible y equilibrado entre eficacia y sostenibilidad.

4.7 Gorgojos vivos a los 80 días después de la infestación

Tabla 16

Análisis de varianza para gorgojos vivos, a los 80 días después de la infestación.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculado	p-valor (significancia)
Tratamientos	5	203206.94	40641.39	2864.31	<0.0001
Repetición	2	14.78	7.39	0.52	0.6093
Error	10	141.89	14.19		
Total	17	203363.61			
CV. 2.32	NS: no significativo	*significativo $\alpha=0.05$		*altamente significativo $\alpha=0.01$	

El análisis de varianza (tabla 16), indicó una diferencia altamente significativa entre los tratamientos aplicados, con un p-valor de <0.0001. En contraste, las repeticiones no mostraron diferencias significativas (p-valor de 0.6093), lo que sugiere que no tuvieron un efecto relevante sobre los resultados. El coeficiente de variación (CV) de 2.32% indica una baja variabilidad entre las observaciones, lo que sugiere que los resultados obtenidos son consistentes y confiables.

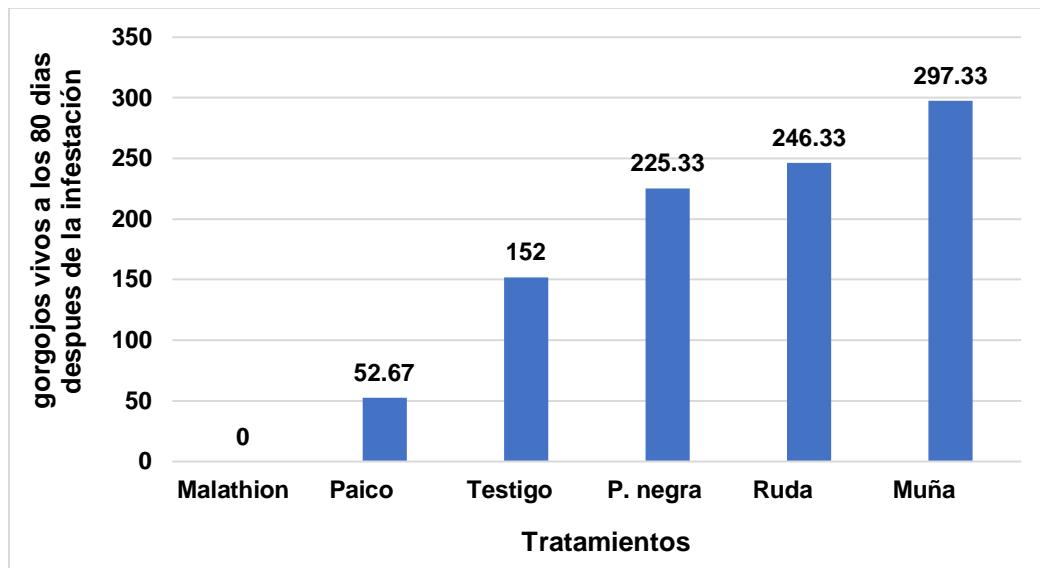
Tabla 17

Prueba de comparaciones múltiples con Tukey 5 % para gorgojos vivos a los 80 días después de la infestación.

Tratamientos	Medias de gorgojos vivos	Tukey = 0.05%
Muña	297.33	A
Ruda	246.33	B
P. negra	225.33	C
Testigo	152	D
Paico	52.67	E
Malathion	0	F
DMS= 10.68		

Figura 9

Histograma para gorgojos vivos a los 80 días después de la infestación.



La tabla 17 prueba de Tukey al 5% y el histograma (figura 9) muestra que la Muña es el tratamiento menos efectivo, con una media de 297.33 gorgojos vivos, clasificándose en el grupo A. La Ruda, con una media de 246.33, se ubica en el grupo B, mientras que P. negra, con una media de 225.33, está en el grupo C. El testigo, con una media de 152 gorgojos vivos, pertenece al grupo D. El Paico, con 52.67 gorgojos vivos, se clasifica en el grupo E. Finalmente, el Malathion es el tratamiento más efectivo, sin gorgojos vivos, ubicado en el grupo F. La Diferencia Mínima Significativa (DMS) para esta prueba es de 10.68.

En la investigación, los resultados mostraron que el tratamiento con Muña fue el menos efectivo, con un promedio de 297.33 gorgojos vivos a los 80 días, mientras que el Paico, con 52.67 gorgojos vivos, resultó significativamente más eficiente que la Muña, aunque considerablemente menos efectivo que el Malathion, que eliminó por completo la población de gorgojos. Estos hallazgos difieren de los reportados por Revilla (2000), quien encontró que el Paico fue uno de los tratamientos menos efectivos en el control de barrenadores del maíz (*Pagiocerus frontalis*), mientras que otros productos vegetales como la chancua y el tabaco silvestre lograron más del 70% de control a los 36 días con dosis de 20 kg por tonelada de semilla.

Es posible que la menor efectividad del Paico en el estudio de Revilla se deba a la dosis utilizada, ya que en su investigación empleó solo 10 g de Paico por 0.5 kg de semilla de maíz, lo que representa una cantidad mucho menor en comparación al presente estudio.

Por el contrario, Salvadores (2007) obtuvo buenos resultados en el control de *Sitophilus zeamais* en semillas de maíz (*Zea mays L.*) utilizando pimienta negra (*Piper nigrum L.*). En su estudio, alcanzó una mortalidad del gorgojo del 83.4% con el 1%, del 97.6% con el 3% y del 100% con el 4% de concentración de pimienta negra. No obstante, en nuestra evaluación se observaron 225 gorgojos a los 80 días post-infestación. Estos resultados contrastan con los obtenidos por Salvadores, lo que sugiere que, al tratarse de gorgojos de familias distintas del orden coleoptera, este podría reaccionar de manera específica al tratamiento aplicado.

4.8 Porcentaje de germinación a los 80 días después de la infestación

Tabla 18

Análisis de varianza para porcentaje de germinación a los 80 días después de la infestación y exposición a los tratamientos en estudio.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculado	p-valor (significancia)
Tratamientos	5	12670.28	2534.06	420.78	<0.0001
Repetición	2	5.78	2.89	0.48	0.6325
Error	10	60.22	6.02		
Total	17	12736.28			
CV. 6.04	NS: no significativo	*significativo $\alpha=0.05$		*altamente significativo $\alpha=0.01$	

El análisis de varianza (tabla 18), mostró una diferencia altamente significativa entre los tratamientos aplicados, con un p-valor de <0.0001, lo que indica que los diferentes tratamientos tuvieron un impacto considerable en el porcentaje de germinación. Por otro lado, las repeticiones no mostraron diferencias significativas (p-valor de 0.6325), lo que sugiere que no influyeron de

manera relevante en los resultados. El coeficiente de variación (CV) fue de 6.04%, lo que indica una baja variabilidad, confirmando la consistencia de los datos obtenidos.

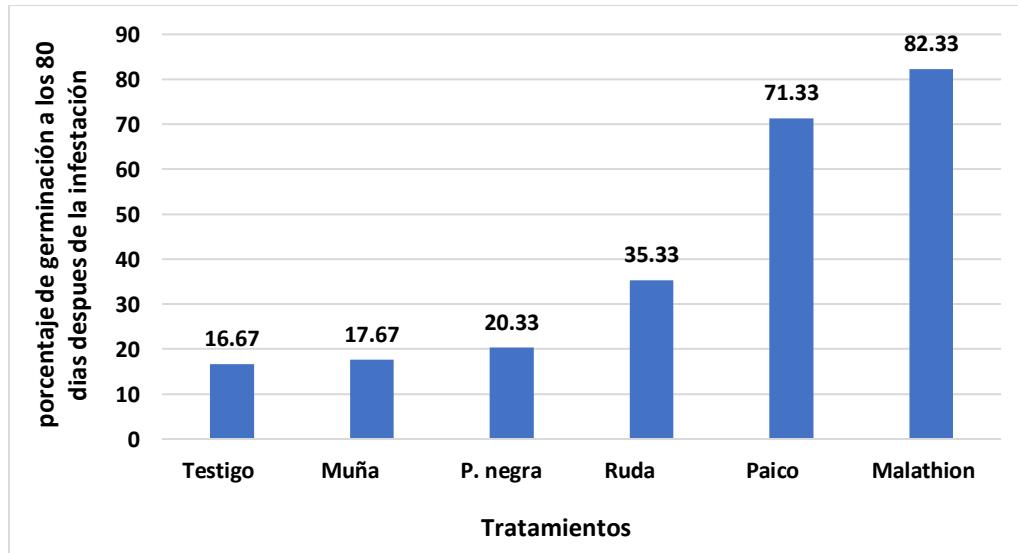
Tabla 19

Prueba de comparaciones múltiples con Tukey 5 % para porcentaje de germinación a los 80 días después de la infestación y exposición a los tratamientos en estudio.

Tratamientos	Medias porcentaje de germinación	Tukey = 0.05%
Malathion	82.33	A
Paico	71.33	B
Ruda	35.33	C
P. negra	20.33	D
Muña	17.67	D
Testigo	16.67	D
DMS= 6.95949		

Figura 10

Histograma para porcentaje de germinación a los 80 días después de la infestación



La tabla 19 prueba de comparaciones múltiples de Tukey al 5% y el histograma (figura 10), reveló que el tratamiento con Malathion fue el más efectivo, con una media de porcentaje de germinación de 82.33%, ubicándose en el grupo A. El paico, con una media de 71.33%, se situó

en el grupo B. La ruda, con una media de 35.33%, grupo C. Los tratamientos con Pimienta negra, Muña y el Testigo, con medias de 20.33%, 17.67% y 16.67%, respectivamente, se clasificaron en el grupo D. La Diferencia Mínima Significativa (DMS) fue de 4.71713.

Estos resultados son comparables con el estudio de Kumar y Sharma (2017), quienes observaron que el Malathion puede tener un efecto dual sobre la germinación de las semillas. A concentraciones bajas (2-10 ppm), el porcentaje de germinación mejoró, alcanzando hasta un 100% en las semillas tratadas con 2 ppm. Sin embargo, cuando las concentraciones aumentaron a 25 ppm, la germinación comenzó a disminuir, y a 100 ppm, el porcentaje de germinación bajó al 64% en suelo, mostrando efectos tóxicos sobre la fisiología de las plántulas, tales como la reducción en la longitud del brote y las raíces (Kumar y Sharma, 2017)

En la investigación, el uso de 0.75 gramos de Malathion sobre 0.5 kg de maíz (de acuerdo con la dosis recomendada en la ficha técnica) no redujo el poder germinativo de la semilla de maíz de manera significativa a las dosis recomendadas. Esto sugiere que el principal factor que afectó la germinación no fue el Malathion, sino el daño causado por los gorgojos, quienes perforaron las semillas, comprometiendo su viabilidad. Este daño mecánico es característico de las plagas como *Pagiocerus frontalis* Frab, que reduce la capacidad de las semillas para germinar al afectar el embrión y otros tejidos esenciales. Aunque el tratamiento con Malathion fue efectivo en controlar la plaga, los gorgojos pudieron haber causado daños antes de que el insecticida tuviera su efecto completo, reduciendo así la germinación de las semillas.

El bajo porcentaje de germinación observado en los tratamientos con los polvos vegetales no se debió a que los vegetales fueran demasiado fuertes o tóxicos para las semillas, sino a que estos tratamientos no fueron lo suficientemente efectivos en el control de la plaga. Al ser ineficaces, los gorgojos continuaron alimentándose de los granos, lo que resultó en daño físico a las semillas y comprometió su capacidad para germinar correctamente.

Estos resultados son comparables a los reportados por Gómez et al. (2018), quien evaluó 25 tratamientos a base de vegetales, además de un tratamiento químico y un testigo

absoluto. En su estudio, *Ricinus communis* L. (higuerilla) no mostró diferencias estadísticas significativas con el tratamiento químico (fosfuro de aluminio), siendo ambos los más eficaces para la mortalidad de *Sitophilus zeamais* y la reducción del daño en los granos. Además, destacó que el poder germinativo de las semillas de maíz no se vio afectado por la aplicación del pulverizado de *R. communis* L., mientras que en aquellos tratamientos donde no hubo alta mortalidad de la plaga, el mayor daño en los granos resultó en una disminución significativa del poder germinativo. Este hallazgo es consistente con los resultados de nuestro estudio, en el cual los tratamientos que presentaron mayor daño en los granos también mostraron un menor porcentaje de germinación, confirmando la relación directa entre el daño físico causado por los gorgojos y la reducción en la viabilidad de las semillas.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Se determinó que el tratamiento químico con Malathion (T_1) fue el más efectivo, eliminando el 100% de los gorgojos a los primeros 10 días post - infestación. Solo presento 40 granos dañados y alcanzó el mayor porcentaje de germinación (82.33%).
- Se determinó que Paico (T_4) se posicionó como la segunda mejor opción en efectividad, con 11.7 gorgojos muertos a los 80 días post - infestación y 52.67 gorgojos vivos. Además, presentó 293 granos dañados y un porcentaje de germinación de 71.33%.
- Se determinó que la pimienta negra (T_5): Mostró baja efectividad, con 0 gorgojos muertos en las primeras evaluaciones y solo 3.33 gorgojos muertos a los 80 días post - infestación. Además, presentó 225.33 gorgojos vivos, 703.33 granos dañados y un porcentaje de germinación de 20.33%.
- Se determinó que ruda (T_3): No mostró efectividad significativa, con 0 gorgojos muertos durante todo el período de evaluación y 246.33 gorgojos vivos a los 80 días. También presentó 621.33 granos dañados y un porcentaje de germinación de 35.33%.
- Se determinó que muña (T_2): Tampoco fue efectiva, con solo 2 gorgojos muertos a los 80 días post - infestación y 297.33 gorgojos vivos. Además, mostró 740.33 granos dañados y un porcentaje de germinación de 17.67%.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda investigaciones con mayor dosis de Paico en polvo para evaluar su eficacia en el control de gorgojos en granos de maíz amiláceo.
- Se recomienda explorar otros tipos de polvos vegetales, ya que los utilizados en este experimento no fueron eficaces en el control del gorgojo del maíz y la necesidad de un control ecológico es muy requerido por agricultores de la región.

CAPÍTULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Achimón, F., Peschiutta, M. L., Brito, V. D., Beato, M., Pizzolitto, R. P., Zygadlo, J. A., & Zunino, M. P. (2022). Exploring contact toxicity of essential oils against *Sitophilus zeamais* through a meta-analysis approach. *Plants*, 11(22), 3070. <https://doi.org/10.3390/plants11223070>

Agrobanco. (2012). Manejo integrado de plagas en el cultivo de maíz amiláceo blanco. Universidad Nacional la Molina. Revisado en línea el 28 agosto del 2024. <https://www.agrobanco.com.pe/data/uploads/ctecnica/022-a-mab.pdf>

Aldana, H. (1994). Eficiencia de la deltrametrina en polvo (k-obiol) en el control de los gorgojos del maíz *sítophílus oryzae* (l.) y *pagíocerus frontalís*(f.) en la zona maicera de caqueza (cundinamarca). Agronomía colombiana. Vo/umenX/No. I;pág.20-33.

Álvarez Martínez, Jean. Paul. (2020). Métodos de control para gorgojo de maíz (*Pagiocerus frontalis*) en almacén. [Tesis de grado]. Universidad Nacional del centro del Perú. http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/6256/T010_47387151_t.pdf?sequence=1

Andrade, M., & Paredes, F. (2020). Uso de *Minthostachys mollis* en el control de plagas de maíz almacenado. Revista Ecuatoriana de Ciencias Agrarias, 9(2), 135-142.

Ashokkumar, K., Pandian, A., Murugan, M., Dhanya, M. K., Sathyan, T., & Sivakumar, V. (2021). Phytochemistry and therapeutic potential of black pepper (*Piper nigrum*) essential oil and piperine: A review. *Clinical Phytoscience*, 7(1), 52. <https://doi.org/10.1186/s40816-021-00292-2>

Bewley, J. D., Bradford, K. J., & Hilhorst, H. W. (2013). Seeds: Physiology of development, germination, and dormancy (3rd ed.). Springer Science & Business Media.

Bolívar, M. (2007). Manejo de granos en almacenamiento, causas de deterioro y prevención. Arch. Latinoam. Prod. Anim. 15 (1): 180-184. <http://www.bioline.org.br/pdf?la07050>

Cevallos, S. (2020). "Evaluación del efecto de ozono (O₃) en el control de gorgojo *Pagiocerus frontalis* (f.), en granos almacenados de maíz suave (*Zea mays* L.). <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/6627/1/PC000821.pdf>

De la cruz Silva Horacio (2007). Uso tradicional (medicina y biocida de las especies vegetales silvestres de la cuenca del río Chillón [tesis doctoral]. Universidad Nacional La Molina. Lima - Perú <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/4317/de-la-cruzsilva-horacio.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

de Lira Pimentel, T., da Costa, F. A., Melo, C. R., de Oliveira, A. F., Maciel, E. L., & de Morais, S. M. (2022). Insecticidal activity of the essential oil of *Piper cornutum* against *Sitophilus zeamais*: Modulation of digestive enzymes. *Journal of Stored Products Research*, 99, 102014. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35487150/>

Denloye, A. A. (2010). Toxicity of *Chenopodium ambrosioides* L. (Chenopodiaceae) products from Nigeria against *Callosobruchus maculatus*, *Sitophilus zeamais*, and *Tribolium castaneum*. *Journal of Plant Protection Research*, 50(3), 384–389. DOI: <https://doi.org/10.2478/v10045-010-0064-7>

Dhanalakshmi, B., Pandian, S., & Sreejayan, S. (2019). Efficacy of plant-based powders in controlling stored grain pests: A case study of *Azadirachta indica*. *Journal of Stored Products Research*, 83, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2019.05.003>

Fabricius, J. C. (1801). *Pagiocerus frontalis*. Lista de especies de Galápagos. Revisado en línea el 12 de diciembre del 2023. <https://www.darwinfoundation.org/es/datazone/checklist?species=6748>

Fertiberia. (2016). Familias de plantas con propiedades pesticidas. Recuperado de <https://www.fertiberia.com/familias-de-plantas-con-propiedades-pesticidas/>

Food and Agriculture Organization of the United Nations – FAO. (1985). Prevención de pérdidas de alimentos poscosecha: manual de capacitación. Revisado en línea. 05 de setiembre 2024. <https://www.fao.org/4/x5037s/x5037s00.htm#Contents>

Foods. (2021). *La muña*. <https://foods.pe/la-muna/>

Gómez, H., González, O., González, J. (2018). Vegetales pulverizados para el manejo de *Sitophilus zeamais* Motschulsky en almacenamiento. Redalyc.org. DOI: 10.29312/remexca.v9i4.1396

Gómez, L. G., Silva, A. M., & Pereira, M. (2017). Natural compounds in pest management: Terpenoids and alkaloids as effective agents against stored product pests. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 65(30), 6278-6285. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b01859>

Gómez, R. A. (2018). Uso de extractos vegetales en el control de plagas de almacenamiento en granos de maíz. *Revista de Agricultura Sostenible*, 12(3), 105-120. <https://doi.org/10.1016/j.agrisust.2018.05.014>

Gómez, R. A. (2018). Uso de extractos vegetales en el control de plagas de almacenamiento en granos de maíz. *Revista de Agricultura Sostenible*, 12(3), 105-120. <https://doi.org/10.1016/j.agrisust.2018.05.014>

Grosu, C., et al. (2024). **New insights concerning phytophotodermatitis induced by phototoxic plants.** *Plants*, 13(9), 1184. <https://doi.org/10.3390/plants13091184>

He, Y.-c., He, L., Khoshaba, R., Lu, F.-g., Cai, C., Zhou, F.-l., Liao, D.-f., & Cao, D. (2019). Curcumin nicotinate selectively induces cancer cell apoptosis and cycle arrest through a p53-mediated mechanism. *Molecules*, 24(22), 4179. <https://doi.org/10.3390/molecules24224179>

Hernández, J., & Velasco, M. (2018). Eficacia de *Ruta graveolens* en el control de plagas de almacenamiento en maíz. *Revista Mexicana de Entomología*, 34(2), 120-128.

Huamán, L., & Ríos, J. (2021). Comparación de métodos ecológicos y químicos en el control de *Pagiocerus frontalis* en Cajamarca. *Revista Peruana de Entomología*, 17(3), 89-97.

Instituto Colombiano Agropecuario ICA. (1987). Manual de reconocimiento de insectos asociados con productos almacenados. Insectos Asociados con Productos Almacenados en Colombia. Revisado en línea el 25 de diciembre del 2023.

<https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/6808/BVE18039998e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Instituto Nacional de Calidad - INACAL. (2020). INACAL ESTABLECE REQUISITOS DEL MAÍZ PARA IMPULSAR SU COMERCIALIZACIÓN. Revisado en línea.
<https://www.gob.pe/institucion/inacal/noticias/305136-inacal-establece-requisitos-del-maiz-para-impulsar-su-comercializacion>

International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT). (2021). Maize: A reference guide. Retrieved from <https://www.cimmyt.org>

Isman, M. B. (2006). Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. *Annual Review of Entomology*, 51, 45-66.
<https://doi.org/10.1146/annurev.ento.51.110104.151146>

Isman, M. B. (2020). Botanical Insecticides, Deterrents, and Repellents in Modern Agriculture and an Increasingly Regulated World. *Annual Review of Entomology*, 65, 233-249.

Jardine, P., & Phillips, T. W. (2017). Stored-product insects of maize and other grains: Biology, behavior, and management. In A. V. Cardwell, (Ed.), *Maize storage: Protecting the harvest from pests* (pp. 45-66). Springer. DOI: 10.1007/978-3-319-66743-6_4.

Jeon, J.-H., Lee, S.-G., & Lee, H.-S. (2015). Isolation of insecticidal constituent from *Ruta graveolens* and structure–activity relationships against stored-food pests (Coleoptera). *Journal of Food Protection*, 78(8), 1536–1540. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-15-111>

Jianu, C., et al. (2021). Chemical profile of *Ruta graveolens* EO and biological activities. *Applied Sciences*, 11(24), 11753. <https://doi.org/10.3390/app112411753>

Kumar, S., & Sharma, J. G. (2017). Effect of Malathion on seed germination and photosynthetic pigments in wheat (*Triticum aestivum L.*). *Asian Journal of Applied Science and Technology*, 1(7), 158-167. <https://www.ajast.net>

- Kumrungsee, N., Dunkhunthod, B., Manoruang, W., Koul, O., Pluempanupat, W., Kainoh, Y., ... Nobsathian, S. (2022). Synergistic interaction of thymol with *Piper ribesoides* extracts and isolated compounds for enhanced insecticidal activity. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 9, 38. <https://doi.org/10.1186/s40538-022-00306-2>
- Lara, J. M., Rodríguez, C., & Méndez, L. (2014). Biological activity of plant extracts against storage pests. *Agricultural and Food Science*, 23(2), 123-130. <https://doi.org/10.1016/j.aggsy.2014.02.005>
- Luo, P., et al. (2024). **Traditional uses, phytochemistry, pharmacology and toxicology of *Ruta graveolens*.** *Drug Design, Development and Therapy*, 18, 2325–2360. <https://doi.org/10.2147/DDDT.S413210>
- Mahmoudvand, M., Abbasipour, H., Hosseinpour, M., & Basij, M. (2011). Fumigant toxicity of some essential oils on adults of some stored-product pests. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 71(1), 83–89. <https://doi.org/10.4067/S0718-58392011000100010>
- Menon, A., Rao, M., & Muraleedharan, K. (2019). Volatiles of black pepper fruits (*Piper nigrum* L.). *Molecules*, 24(23), 4244. <https://doi.org/10.3390/molecules24234244>
- Ministerio de Agricultura y Riego. (2012). Instituto Nacional de Innovación Agraria – INIA. (2012). Ley General de Semillas. Primera edición. Boletín N° 1.
- Muñoz-Acevedo, A., et al. (2024). The repellent capacity against *Sitophilus zeamais* and in vitro AChE inhibition of 11 essential oils. *Molecules*, 29(2), 327. [https://doi.org/10.3390/molecules29020327 PMC](https://doi.org/10.3390/molecules29020327)
- Nahar, L., et al. (2021). Ruta essential oils: Composition and bioactivities. *Molecules*, 26(15), 4610. <https://doi.org/10.3390/molecules26154610>
- Olufunmilayo, A., & Adeoye, O. (2015). Efficacy of *Piper nigrum* powder against *Sitophilus zeamais* in stored maize. *Journal of Agricultural Science*, 7(3), 45-52.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (s.f.). *Manejo integrado de plagas.* Recuperado de <https://www.fao.org/pest-and-pesticide-management/ipm/integrated-pest-management/es/>

Ortega, S. (2000). Biología del barrenador del maíz *Pagiocerus frontalis* Fabr. [Tesis Pre Grado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio Institucional UNCP. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/4640/discover?query=19 99&submit=Ir>

Peña-Flores, C., García, A., & Rodríguez, A. (2025). Insecticidal and repellent activity of plant powders on the maize weevil, *Sitophilus zeamais*. *Insects*, 16(3), 329. <https://doi.org/10.3390/insects16030329>

Perera, A. G. W. U., & Karunaratne, M. M. S. C. (2015). Eco-friendly alternatives for storage pest management: Repellency of *R. graveolens* against *S. oryzae*. *International Journal of Multidisciplinary Studies*, 2(1), 49–55.

Quispe, R., & Huamán, L. (2019). Evaluación del polvo de *Dysphania ambrosioides* para el control de *Pagiocerus frontalis* en maíz almacenado. *Ciencia Agraria Peruana*, 5(1), 75-83.

Rangel, A., Tucuch, I., Gómez, O., Basto, de la C., & Burgos, A. (2020). Control de gorgojo (*Sitophilus zeamais* Motschulsky) con polvos de epazote (*Dysphania ambrosioides* (L.) mosyakin & clemants) en diferentes genotipos de maíz

Revilla W. 2000. Determinación del efecto de la materia seca de cuatro productos vegetales en el control de *Pagiocerus frontalis* Fabr. en maíz amiláceo. Tesis para optar el título profesional de ingeniero agrónomo. Universidad Nacional de Cajamarca.

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

Saldarriaga, A. (1984). El *Pagiocerus frontalis* (F.), PLAGA DEL MAÍZ ALMACENADO: BIOLOGÍA, HÁBITOS Y NOTAS ECOLÓGICAS. Revista Colombiana De Entomología , 10 (3-4), 9–14. <https://doi.org/10.25100/socolen.v10i3-4.10280>

Salvadores, Y., Silva, G., Tapia, M., & Hepp, R. (2007). Polvos de especias aromáticas para el control del gorgojo del maíz, *Sitophilus zeamais* Motschulsky, en trigo almacenado. *Agricultura Técnica*, 67(2), 147-154.

Schulz, F. A., & Eidt-Wendt, J. (2023). Studies on the biology and ecology of *Pagiocerus frontalis* (Fabricius) (Coleoptera: Scolytidae) infesting stored maize. Technical University Berlin. Recuperado de <http://spiru.cgahr.ksu.edu/proj/iwcspp/pdf2/5/61.pdf>.

Seham, I. (2023). Residual Toxicity of *Piper Nigrum L.* Powder Against the Susceptibility of Stored Maize Cultivars to Infestation by *Sitophilus Zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). Progress In Chemical and Biochemical Research. <https://doi.org/10.22034/pcbr.2023.384413.1252>

Seham, I. (2023). Residual Toxicity of *Piper Nigrum L.* Powder Against the Susceptibility of Stored Maize Cultivars to Infestation by *Sitophilus Zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). Progress In Chemical and Biochemical Research. <https://doi.org/10.22034/pcbr.2023.384413.1252>

Semerdjieva, I. B., et al. (2019). Essential oil composition of *Ruta graveolens* fruits and kinetics. *Plants*, 8(10), 408. <https://doi.org/10.3390/plants8100408>

Xiang, C.-P., Han, J.-X., Li, X.-C., Li, Y.-H., Zhang, Y., Chen, L., ... Xu, M. (2017). Chemical composition and acetylcholinesterase inhibitory activity of essential oils from *Piper* species. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 65(18), 3702–3710. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28436658/>

Zurita Vásquez, H., Valle Velástegui, L., Vásquez, C., Curay Quispe, S., Buenaño Sánchez, M., & Guevara Freire, D. (2017). Eficiencia del uso de plantas insecticidas en el control del gorgojo del maíz, *Sitophilus zeamais* Motschulsky,(Coleoptera: Curculionidae). *Investigación agraria*, 19(2), 120-126.

CAPITULO VII.
ANEXOS

7.1 Datos de las evaluaciones realizadas en el transcurso del experimento

Tabla 20

Datos de evaluaciones en la instalación del experimento (día cero).

Nº Trat	Repetición	Tratamientos	% germinación inicial	Peso de granos (g)	Nº granos
T0	R1	Testigo	90	500	1101
T1	R1	Malathion	90	500	1000
T2	R1	Pimienta negra	90	500	1150
T3	R1	Ruda	90	500	1004
T4	R1	Paico	90	500	1094
T5	R1	Muña	90	500	1001
T0	R2	Testigo	90	500	1110
T1	R2	Malathion	90	500	1005
T2	R2	Pimienta negra	90	500	1007
T3	R2	Ruda	90	500	1060
T4	R2	Paico	90	500	1100
T5	R2	Muña	90	500	1132
T0	R3	Testigo	90	500	1130
T1	R3	Malathion	90	500	1003
T2	R3	Pimienta negra	90	500	1001
T3	R3	Ruda	90	500	1006
T4	R3	Paico	90	500	1122
T5	R3	Muña	90	500	1093

Tabla 21

Datos de las evaluaciones para gorgojos muertos a los 10 días post - infestación.

Clave	Tratamientos	G. muertos 10 PI			Promedio
		Rep 1	Rep 2	Rep 3	
T0	Testigo	0	2	2	1
T1	Malathion	19	20	20	20
T2	Pimienta negra	0	0	0	0
T3	Ruda	0	0	0	0
T4	Paico	4	4	7	5
T5	Muña	0	2	2	1

Tabla 22

Datos de las evaluaciones para gorgojos muertos a los 20 días post - infestación.

Clave	Tratamientos	G. muertos 20 PI			Promedio
		Rep 1	Rep 2	Rep 3	
T0	Testigo	0	1	1	1
T1	Malathion	0	0	0	0
T2	Pimienta negra	0	0	0	0
T3	Ruda	1	1	1	1
T4	Paico	1	2	2	2
T5	Muña	2	2	2	2

Tabla 23

Datos de las evaluaciones para gorgojos muertos a los 30 días post - infestación.

Clave	Tratamientos	G. muertos 30 PI			Promedio
		Rep 1	Rep 2	Rep 3	
T0	Testigo	2	3	3	3
T1	Malathion	0	0	0	0
T2	Pimienta negra	0	0	1	0
T3	Ruda	0	0	0	0
T4	Paico	1	2	2	2
T5	Muña	1	1	1	1

Tabla 24

Datos de las evaluaciones para gorgojos muertos a los 40 días post - infestación.

Clave	Tratamientos	G. muertos 40 PI			Promedio
		Rep 1	Rep 2	Rep 3	
T0	Testigo	1	1	1	1
T1	Malathion	0	0	0	0
T2	Pimienta negra	0	0	1	0
T3	Ruda	0	0	0	0
T4	Paico	1	0	0	0
T5	Muña	1	1	1	1

Tabla 25

Datos de las evaluaciones para gorgojos muertos a los 80 días post - infestación.

Clave	Tratamientos	G. muertos 80 PI			Promedio
		Rep 1	Rep 2	Rep 3	
T0	Testigo	2	3	2	2
T1	Malathion	1	0	0	0
T2	Pimienta negra	4	3	3	3
T3	Ruda	2	2	2	2
T4	Paico	3	4	3	3
T5	Muña	3	4	3	3

Tabla 26

Datos de las evaluaciones para granos dañados a los 80 días post - infestación.

Clave	Tratamientos	Granos dañados 80 DDI			Promedio
		Rep 1	Rep 2	Rep 3	
T0	Testigo	602	606	598	602
T1	Malathion	39	43	40	41
T2	Pimienta negra	759	708	643	703
T3	Ruda	616	626	622	621
T4	Paico	300	290	289	293
T5	Muña	750	740	731	740

Tabla 27

Datos de las evaluaciones para gorgojos vivos a los 80 días post - infestación.

Clave	Tratamientos	Gorgojos vivos 80 PI			Promedio
		Rep 1	Rep 2	Rep 3	
T0	Testigo	155	149	152	152
T1	Malathion	0	0	0	0
T2	Pimienta negra	222	225	229	225
T3	Ruda	245	251	243	246
T4	Paico	52	56	50	53
T5	Muña	303	297	292	297

Tabla 28

Datos de las evaluaciones para porcentaje de germinación a los 80 días post - infestación.

Clave	Tratamientos	% de germinación 80 PI			Promedio
		Rep 1	Rep 2	Rep 3	
T0	Testigo	18	15	17	17
T1	Malathion	80	84	83	82
T2	P. negra	20	21	20	20
T3	Ruda	35	38	33	35
T4	Paico	68	70	76	71
T5	Muña	18	19	16	18

7.2 Imágenes del proceso de la investigación.

Figura 11

*Crianza masal de gorgojo del maíz *Pagiocerus frontalis* Frab.*



Figura 12

Población alta posterior a la reproducción masal de 3 meses.

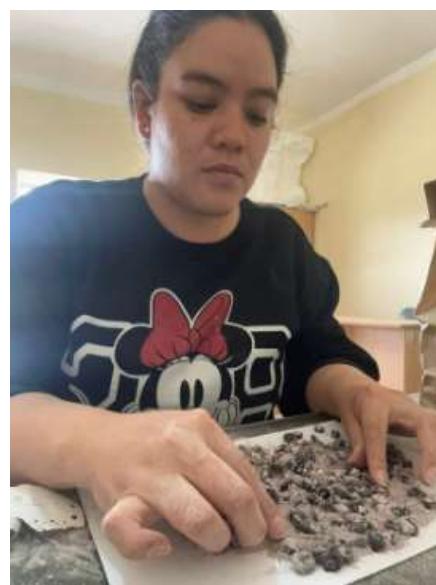


Figura 13

Separado de adultos de *Pagiocerus frontalis* frab para instalación de experimento.

**Figura 14**

Selección de granos (semilla) en buen estado físico y sanitario.



Figura 15

Prueba de porcentaje de germinación, del lote de semilla a utilizar en el experimento. 3 repeticiones.

**Figura 16**

Conteo de plántulas emergidas a los 12 días posterior a la instalación (en promedio 90 % de poder germinativo).



Figura 17

Pesado de granos de maíz choclero variedad INIA 603, para instalación del experimento en estudio.

**Figura 18**

Secado bajo sombra del material vegetal en estudio.



Figura 19

Molido de cada uno de los vegetales a utilizar como tratamientos en estudio.

**Figura 20**

Tratamientos vegetales molidos y pesados para instalación del experimento.



Figura 21

Identificación de cada tratamiento para distribución según croquis experimental.

**Figura 22**

Distribución de tratamientos, iniciando de la parte inferior izquierda, repetición 1.



Figura 23

Evaluaciones de gorgojos muertos a los 10 días después de la infestación

**Figura 24**

Evaluaciones de gorgojos muertos a los 20 días después de la infestación



Figura 25

Daño de gorgojo en el testigo a los 40 días después de la infestación

**Figura 26**

Daño de gorgojo en el testigo a los 80 días después de la infestación.



Figura 27

Prueba de poder germinativo a los 80 días después de la infestación

**Figura 28**

Conteo de plántulas germinadas a los 80 días después de la infestación

