

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

ALTERNATIVAS DE CONSERVACIÓN EN EL MANEJO POSTCOSECHA DE GRANO DE
MAÍZ (*Zea mays* L.) EN COMUNIDADES DE LANGUE, VALLE

POR

KRISOL ESTEFANY ALVARADO ALVARADO

TESIS



CATACAMAS

OLANCHO

MAYO, 2025

ALTERNATIVAS DE CONSERVACIÓN EN EL MANEJO POSTCOSECHA DE GRANO DE
MAÍZ (*Zea mays* L.) EN COMUNIDADES DE LANGUE, VALLE.

POR:

KRISOL ESTEFANY ALVARADO ALVARADO

ISRAEL RODAS M.Sc.
Asesor principal

TESIS

PRESENTADO A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO
REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

INGENIERO AGRÓNOMO

CATACAMAS

OLANCHO

MAYO, 2025

DEDICATORIA

Agradezco a Dios, por ser mi fuerza, mi guía y mi refugio en todo momento. Su presencia me dio paz en los momentos de incertidumbre y esperanza en los momentos de dificultad. Cada paso en este camino ha sido posible gracias a su amor y sabiduría.

A mis padres, María Magdalena Alvarado Villamil y Ever Elías Alvarado Oliva, por ser mi sostén incondicional. Por su amor, comprensión y apoyo constante. Por siempre creer en mí, por sus palabras de aliento, y por estar presentes en cada etapa. Sin ustedes, este logro no tendría el mismo significado. Su apoyo emocional, sus oraciones y su compañía han sido fundamentales para llegar hasta aquí.

A través de su apoyo y guía, he aprendido a valorar cada paso de este proceso, no solo por los logros alcanzados, sino por el crecimiento personal que ha traído consigo. Su presencia en mi vida ha sido fundamental, y me siento profundamente agradecida por cada enseñanza, cada palabra de aliento y por estar siempre a mi lado en cada etapa de este camino.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero expresar mi profunda gratitud a Dios por su constante presencia en mi vida, por brindarme la sabiduría necesaria en cada paso y por escucharme siempre que lo clamo. Gracias a Él por permitirme estar tan cerca de cumplir este sueño y por nunca dejarme sola. A mis padres, quienes han sido mi pilar fundamental, les agradezco por confiar siempre en mis capacidades, por estar pendientes de mí en todo momento y por darme aliento cuando más lo necesito. A mi familia, especialmente a mis abuelos, que me han apoyado de una u otra manera con su amor y orientación. A Diego Gabriel Escoto Doblado, quien siempre ha estado presente para mí, por su amor, apoyo constante y por ser mi compañero incondicional. Gracias por ser mi fuente de motivación, por darme fuerzas en los momentos difíciles y por recordarme siempre que no debo rendirme. A todos ustedes: los amo con todo mi corazón.

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento al M.Sc. Israel Rodas, mi asesor principal, por su constante apoyo y orientación a lo largo de este proceso. Gracias por siempre estar pendiente de mí, por su disponibilidad y por brindarme soluciones inmediatas en cada desafío que se presentó. Su dedicación, paciencia y compromiso fueron fundamentales para el desarrollo de este trabajo, y me siento profundamente agradecida por haber contado con su valiosa asesoría. Asimismo, extiendo mi agradecimiento a mis asesores secundarios, M.Sc. Norman Leonel Mercadal y M.Sc. Yony Antúnez, por su acompañamiento y aportes durante este proceso. Su colaboración también fue clave para la culminación exitosa de este trabajo.

Agradezco a Vecinos Honduras por permitirme realizar mi tesis en su organización, brindándome confianza y apoyo durante el proceso. A mi querida Universidad Nacional de Agricultura, por ser el lugar donde crecí académica y personalmente. Siempre llevaré con orgullo su sello.

Este trabajo fue hecho con amor y esfuerzo. Gracias a todos los que me acompañaron en el camino; este logro también es suyo. En especial, a Isabel Durón y Helen Miranda, por su apoyo y amistad sincera, fundamentales en este proceso.

CONTENIDO

	Pag
I. INTRODUCCIÓN	8
II. OBJETIVOS.....	9
2.1. General.....	9
2.2. Específicos.....	9
III. REVISIÓN DE LITERATURA	10
3.1. Importancia del maíz a nivel mundial y en Honduras.....	10
3.2. Clasificación taxonómica y morfológica del maíz	12
3.2.1. Taxonomía	12
3.2.2. Morfología	12
3.2.3. Estructura y composición del grano	13
3.3. Cosecha	14
3.4. Almacenamiento.....	14
3.4.1. Problemas fitosanitarios de granos de maíz almacenados.....	14
3.4.2. Problemas mecánicos	17
3.5. Métodos de almacenamiento en Honduras.....	17
3.6. Control de calidad para almacenar	18
3.7. Protocolo o normativas de calidad	18
3.8. Costos de almacenamiento en Honduras.....	19
3.9. Variedades de maíz	20
3.10. Productos tradicionales y/o naturales para almacenamiento de grano	20
IV. MATERIALES Y MÉTODO	22
4.1. Descripción del sitio	22
4.2. Material biológico y equipo experimental	23
4.2.1. Materiales experimentales	23
4.2.2. Gorgojo del maíz (<i>Sitophilus zeamais</i>)	23
4.3. Manejo experimental	23
4.3.1. Establecimiento de las unidades experimentales.....	23
4.3.2. Tratamientos y unidad experimental.....	24
4.3.3. Diseño experimental y análisis de datos.....	25

4.4.	Variables evaluadas	28
4.4.1.	Pérdida de peso en el grano	28
4.4.2.	Número de gorgojos (<i>Sitophilus zeamais</i>) muertos.....	30
4.4.3.	Condiciones socioeconómicas y productivas	31
V.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	32
5.1.	Análisis de variable peso de grano	32
5.1.1.	Prueba de Normalidad.....	32
6.1.1.	Discusión de la variable peso de grano	35
5.2.	Variable mortalidad de gorgojos por tratamientos en el tiempo.	37
5.2.1.	Discusión de variable mortalidad de gorgojos por tratamientos en el tiempo.	47
5.3.	Condiciones socioeconómicas y productivas de los agricultores de la zona	48
5.3.1.	Discusión de variable condiciones socioeconómicas y productivas de los agricultores de la zona	54
5.4.	Costo financiero de alternativas de conservación de maíz.	56
5.4.1.	Discusión de variable costo financiero de alternativas de conservación de maíz.....	57
VIII.	BIBLIOGRAFIA.....	62

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Costo de almacenamiento de maiz en Langue, Valle.	19
Tabla 2. Croquis de aleatorización de los tratamientos en las unidades experimentales	25
Tabla 3. Salida de varianza	26
Tabla 4. Análisis de varianza (ANOVA) de dos factores según modelo Modelo Fijo.	26
Tabla 5. ANOVA para pérdida de peso en los tratamientos	33
Tabla 6. Comparaciones de peso.....	35
Tabla 7. Estadísticos de Ajuste	37
Tabla 8. ANOVA de efectos principales.	38
Tabla 9. Intercepto de los tratamientos	39
Tabla 10. Estimación de los tratamientos	40
Tabla 11. Información de Agrupación Usando el Método LSD de Fisher y 95% de Confianza.	41
Tabla 12. Prueba de Dunnett 1.....	42
Tabla 13. Prueba de Dunnett 2.....	43
Tabla 14. Media de los tratamientos y estadísticos generales.....	43
Tabla 15. Frecuencias de sexo	48
Tabla 16. Miembros de la familia	49
Tabla 17. Frecuencias de la disponibilidad de tierra para el cultivo de maíz	50
Tabla 18. Producción anual de maíz	51
Tabla 19. Disponibilidad de semillas.....	51
Tabla 20. Disponibilidad de fertilizantes	51
Tabla 21. Disponibilidad de agua	51
Tabla 22. Acceso a la tierra.....	52
Tabla 23. Porcentajes de ingresos provenientes de actividades no agrícolas	52
Tabla 24. Prestamos las comunidades.....	53
Tabla 25. ¿Tiene acceso a almacenamiento adecuado para su producción de maíz?	54
Tabla 26. Presupuesto destinado a unidades de experimentación de 30 libras.....	56
Tabla 27. Presupuesto extrapolado a un quintal de maíz (100 libras)	56
Tabla 28. Presupuesto extrapolado a un silo de maíz (9 quintales)	56

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estructura de grano de maíz. Fuente: Química y alimentos (2008).	13
Figura 2. Grano de maíz atacado por gorgojo: a) perforación por adulto y b) surcos en el endospermo formados por la larva. Fuente: Unidad de Entomología (2007).	15
Figura 3. Grano de maíz con diferentes estados del gorgojo. Fuente: Universidad Nacional de Aprendizaje (2018).	16
Figura 4. Troja mejorada con patas Fuente: SAGARPA (2007)	17
Figura 5. Ubicación de las comunidades de Langue, en donde opera Vecinos Honduras.	22
Figura 6. Grafica de Normalidad de datos.	32
Figura 7. Gráfico de prueba de medias según LSD de Fisher y 95% de Confianza (Medias cubiertas por la misma barra no son significativamente diferentes).	41
Figura 8. Gráfico de numero de gorgojos muertos en relación al tiempo	45
Figura 9. Gráfico de numero de gorgojos muertos, en relación del tiempo en cada una de las comunidades	46
Figura 10. Gráfico que muestra la distribución por sexo de los participantes pertenecientes a las comunidades.	48
Figura 11. Gráfico que muestra la cantidad de miembros de las familias	49
Figura 12. Gráfico referente a la cantidad de tierra destinada para cultivos	50
Figura 13. Ingresos económicos a la familia	53

LISTA DE ANEXO

Anexo 1. ANOVA para pérdida de peso en los tratamientos	66
Anexo 2. Estadísticos de ajuste	66
Anexo 3. Intercepto de los tratamientos	66
Anexo 4. Intercepto de los tratamientos	67
Anexo 5. Media de los tratamientos y estadísticos generales.....	67
Anexo 6. Media de los meses	67
Anexo 7. Materiales e insumos a utilizar.....	68
Anexo 8. Determinación de humedad	68
Anexo 9. Medidas de bioseguridad	69
Anexo 10. Mediciones de peso	69
Anexo 11. Establecimiento de UE.....	70
Anexo 12. Muestreo de numero de gorgojos muertos.....	70
Anexo 13. Muestreo del maíz	71

Alvarado Alvarado, KE. 2025. Alternativas de conservación en el manejo postcosecha de grano de maíz (*Zea mays* L.) en comunidades de Langue, Valle. Tesis Ing. Agr. Olancho, Honduras, Universidad Nacional de Agricultura 76 Pág.

RESUMEN

Esta investigación evaluó alternativas para el almacenamiento de grano de maíz en comunidades del municipio de Langue, Valle, La unidad experimental consistió en recipientes de polietileno como medio de conservación de granos de maíz. El experimento fue conducido en un DBCA con arreglo factorial con Factor 1, productos (utilizando productos químicos y naturales como ajo, chile tabasco y alcanfor, pastilla de fosfina y tratamiento testigo) y Factor 2, Variedad (Olotillo y Capulín), en cuatro comunidades, sumando un total de cuarenta unidades experimentales, para ello se utilizó el software Minitab 17, Además, se aplicó un Modelo Lineal Generalizado Mixto GLMM con medidas repetidas, con distribución poisson para datos de conteo de insectos, que tiene enlace o link log para relacionar la variable respuesta con la variable predictora, para ello se utilizó software SAS, (Statistical Analysis System), usando procedimientos PROC MIXED y PROC GLIMMIX para modelos estadísticos con efectos mixtos. Además, se aplicó estadística descriptiva para las variables socioeconómicas, para ello se usó el software Jamovi versión 2.3.28. Las variables evaluadas fueron, pérdida de peso de la cantidad de maíz almacenado, la mortalidad de insectos en cada unidad experimental (se introdujeron gorgojos en tres momentos diferentes para medir la efectividad de cada tratamiento contra insecto gorgojo (*Sitophilus zeamais*), las condiciones socioeconómicas y productivas y el registro de los costos financieros para cada alternativa de conservación de maíz. Los resultados mostraron que los tratamientos, especialmente el alcanfor y el chile, fueron eficaces para controlar la plaga, con un impacto significativo en la pérdida de peso del grano. También se observó una alta significancia estadística entre las comunidades, tratamientos y tiempo en la mortalidad de los gorgojos. El tratamiento alcanfor + capulín (p2v2), que muestra una media de 38.67 en el segundo mes, se destaca por su eficacia en la conservación del maíz, logrando una reducción gradual de los gorgojos. Por otro lado, chile + capulín (p3v2), con una media de 36.08 en el mismo periodo, presenta variaciones en su efectividad, posiblemente debido a factores ambientales. En cuanto a ajo + capulín (p1v2), que tiene una media de 29.58 en el primer mes, se observa una respuesta más lenta, alcanzando su mejor rendimiento en el tercer mes. Finalmente, fosfina + olotillo (p4v1) y fosfina + capulín (p4v2), con una media de 50.00 en el tercer mes, se posicionan como las opciones más efectivas, garantizando una protección continua contra la plaga. Estos hallazgos subrayan la necesidad de evaluar cada tratamiento en función de su estabilidad y capacidad para conservar el grano a lo largo del tiempo. Los productores enfrentan limitaciones estructurales, como la falta de tenencia de la tierra y escaso apoyo económico, lo que afecta la sostenibilidad del sector agrícola local. En conclusión, los productos naturales son una opción viable para el control de plagas en pequeñas áreas de cultivo, siendo más efectivos en producciones locales de baja magnitud. Esta investigación promueve prácticas más sostenibles y accesibles para el manejo postcosecha del maíz.

Palabras claves: productos, conservación, maíz, variedades, comunidades, modelos mixtos.

I. INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea Mays* L.) es una de las especies cultivadas más productivas. El maíz es una planta monocotiledónea muy cultivada a lo largo de todo el mundo, siendo uno de los alimentos de consumo básico en muchas poblaciones, el maíz goza de gran importancia económica mundial ya sea como alimento humano, para el ganado o como materia prima de un gran número de productos industriales. Cerca del 40% del maíz producido en los países tropicales se usa para la alimentación animal, concretamente para ganado y establecimientos avícolas (PALIWAL, 2001).

Según el Consejo Hondureño de la Empresa Privada (2021), el maíz es el grano básico que ocupa la mayor superficie sembrada y el mayor volumen en cuanto a producción en Honduras. El maíz se utiliza para consumo humano directo y para alimentar animales, ya sea directamente o en la formulación de concentrados. El país produce más maíz blanco, y menos cantidades de maíz amarillo. El maíz blanco se utiliza principalmente para consumo humano como tortillas y otros, mientras que el maíz amarillo se destina primordialmente para la formulación de concentrados.

Para garantizar la conservación de la calidad de los granos estos deben mantenerse con cuidados especiales, el almacenamiento es la fase del sistema de operaciones postcosecha durante la cual los productos se conservan de manera apropiada para garantizar la seguridad alimentaria de las poblaciones fuera de los periodos de producción agrícola (PROAIN TECNOLOGÍA AGRÍCOLA, 2020).

Debido a las problemáticas que enfrentan los agricultores y las amenazas a la seguridad alimentaria en Langue, Valle, este documento presenta el trabajo de tesis realizado, cuyo objetivo fue evaluar la efectividad de métodos alternativos de almacenamiento del grano de maíz aplicados en cuatro comunidades del municipio. Estos métodos se basaron en el uso de productos tradicionales y/o naturales disponibles en la región, adaptados para mejorar la conservación y calidad del grano. La investigación se centró en analizar el desempeño de estas alternativas en condiciones reales de uso, valorando su impacto en la preservación del maíz y su viabilidad para su implementación a mayor escala.

II. OBJETIVOS

2.1.General

Determinar el efecto de los productos tradicionales y/o naturales en la conservación de granos de maíz (*Zea mays* L.) almacenados en las comunidades de Langue, Valle.

2.2.Específicos

- Evaluar el daño en el grano, tomando como medida la pérdida de peso en maíz almacenado.
- Determinar el número de gorgojos (*Sitophilus zeamais*) muertos, a través del conteo en cada tratamiento.
- Documentar las condiciones socioeconómicas y productivas de los agricultores de la zona.
- Registrar el costo financiero de alternativas de conservación de maíz.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1.Importancia del maíz a nivel mundial y en Honduras

El maíz es el principal cereal cultivado en el ámbito mundial, ya que aun cuando la superficie cosechada con trigo en promedio de los últimos cinco años en todo el mundo superó a la del maíz en alrededor de un 28%, la producción de maíz promedio obtenida en los últimos cinco años en el mundo superó a la media del mismo período registrada en el cultivo del trigo en un 23% (FAO, 2017). La importancia del maíz en el mundo no solo se limita al volumen de producción y al papel que desempeña en la alimentación humana y animal, al ser la materia prima para la fabricación de alimentos balanceados para la alimentación animal, ingrediente en la producción de fertilizantes orgánicos de algas marinas, entre otros (Ranum *et al.*, 2014).

En Honduras, el maíz es el principal grano básico de la dieta alimentaria, contribuye en un 26% de las calorías consumidas en las principales ciudades y con un 48% de las calorías en el sector rural. En término del Producto Interno Bruto (PIB) agrícola nominal el maíz aporta el 19.1. Este grano ocupa el primer lugar en superficie sembrada con 480 mil manzanas, una producción de 586 mil toneladas para una demanda de 959 mil toneladas, para cubrir esta demanda, se importan 373 mil toneladas, en el país se produce mayor cantidad de maíz blanco y menor cantidad de maíz amarillo. La producción de maíz tiene una estacionalidad muy marcada. El 79% de la cosecha se obtiene de octubre a diciembre lo que contribuye a que los precios tengan grandes variaciones durante el año. Los precios inferiores se observan en noviembre y diciembre, los más altos en junio y agosto (Cruz, 2017, p.6).

El maíz emerge como un componente esencial en la lucha contra el hambre y la promoción de la nutrición en el mundo, el maíz es uno de los cultivos más importantes tanto para el consumo humano como animal. El país produce maíz amarillo principalmente para la alimentación animal, mientras que el maíz blanco se destina principalmente al consumo humano directo, como alimento

básico en muchas regiones del país (Ramírez, 2024). por lo cual la seguridad alimentaria se ha vuelto un tema de prioridad nacional (DOF, 2013).

Actualmente se considera que existe seguridad alimentaria cuando todas las personas tienen en todo momento acceso físico y económico a suficientes alimentos inocuos y nutritivos para satisfacer sus necesidades alimenticias y preferencias alimentarias para llevar una vida activa y saludable (FAO, 2012).

El incremento de la productividad de los cultivos que ha aportado el sector obtentor en los últimos años ha supuesto un incremento de las toneladas de maíz producidas. El incremento de la productividad y de la calidad del maíz que ha aportado el sector obtentor en los últimos años, ha permitido un incremento de los rendimientos económicos obtenidos por los productores (Cerdà, 2021). La importación del cultivo de maíz juega un papel importante en la economía del país, sus tendencias son más hacia alza que a la baja (Republica de Honduras, 2013).

Dentro del contexto de las culturas mesoamericanas el maíz es considerado como el único alimento que reúne todas las propiedades nutritivas y el único que concentra todos los valores simbólicos y culturales como la vida, la muerte y el espíritu, entre otros (Petrich, 1985).

3.2. Clasificación taxonómica y morfológica del maíz

3.2.1. Taxonomía

Reino	Plantae
División	Tracheophytas
Sub-división	Pteropsidae
Clase	Angiospermae
Sub- clase	Monocotiledoneae
Grupo	Glumiflorae
Orden	Graminales
Familia	Grammeae
Tribu	Maydeae
Genero	<i>Zea</i>
Especie	<i>Zea mays</i> .
Nombre científico	<i>Zea mays</i> L.

Fuente: Saavedra (2015).

3.2.2. Morfología

El maíz es una planta herbácea, anual, monoica de amplia adaptación, su desarrollo se inicia en el proceso de la germinación del grano. Al germinar el grano, la primera estructura que emerge es la radícula, de la cual al poco tiempo emergen de 2 o 3 raíces en forma lateral, formando lo que dará origen a las raíces seminales, el coleóptilo se inicia y desarrolla a través del crecimiento del mesocotilo hasta alcanzar la superficie del suelo, liberando las primeras hojas verdaderas, se expanden la segunda y tercera hoja en la base de la plántula, emergen varias raíces en los primeros 7 o 10 nudos del tallo ramificaran fuertemente y se convierten en raíces adventicias, produciéndose así un sistema fibroso de raíces que pueden expandirse tanto en forma horizontal, cuando el tallo de la planta se ha desarrollado, pueden aparecer en los primeros nudos sobre la superficie del suelo para anclaje (Avila *et al.*, 2014).

3.2.3. Estructura y composición del grano

La calidad del grano de maíz está asociada tanto con su constitución física, que determina la textura y dureza, como con su composición química, que define el valor nutricional y las propiedades tecnológicas. La importancia relativa de estas características resultará del destino de la producción. El grano maduro de maíz está integrado por distintos tejidos que conforman: El germen o embrión (12%), responsable de formar una futura nueva planta; el endospermo (82%), estructura de almacenamiento del grano que constituye su principal reserva energética; y el pericarpio o cubierta del grano (5%), que protege a la semilla de la entrada de hongos y bacterias antes y después de la siembra. El restante 1 % corresponde a los restos del pedicelo en la base del grano. (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria [INTA], 2006). El principal parámetro de clasificación es el color externo del grano (Universidad Autónoma de México, s.f).

Se utiliza el término de grano cuando se destinan para la alimentación humana y animal, o como materia prima para la industria; mientras que el término de semilla se utiliza para indicar su uso en la siembra, reproducción y multiplicación de la especie o variedad (Secretaría De Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación [SAGARPA], 2003).

Según Urango (2018), la composición proximal del maíz y los productos de este contienen un porcentaje de carbohidratos en el rango de 44,8-69,6%, 11,6-20% de humedad, 4,5-9,87% de proteína, 2,17-4,43% de grasa, 2,10-26,77% de fibra y 1,10-2,95% de cenizas (p.186).

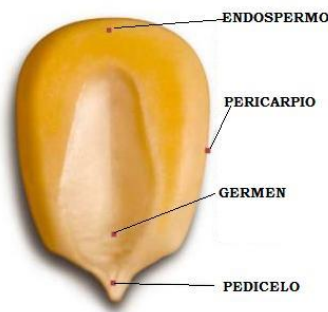


Figura 1. Estructura de grano de maíz. Fuente: Química y alimentos (2008).

3.3.Cosecha

La época de cosecha de maíz depende del destino de su producto, en el caso de la cosecha para grano, lo ideal es cosechar el maíz cuando el grano tenga entre un 15 o 18% de humedad ya que a mayor humedad se pueden ser acreedores a un castigo en la recepción del grano o se aumenta el costo de producción ya que se hace necesario el secado del grano, la humedad óptima para el almacenamiento del grano (Ávila *et al*; 2013).

Generalmente el productor dobla su maíz una vez que su follaje se ha vuelto amarillo pálido; que es cuando, ha llegado a su madurez fisiológica. Esta práctica se realiza con el fin de secar el grano, no obstante, durante este periodo se presentan muchos daños en el maíz principalmente si se deja por mucho tiempo en el campo (Valladares, 2010).

3.4.Almacenamiento

Lo más importante para un buen almacenamiento es que el grano tenga una humedad adecuada, ya que sí es almacenado con mucha humedad se daña fácilmente. Tanto el grano como el aire tienen humedad, y ambas interactúan. Si el grano de maíz está muy húmedo, parte de esa humedad se encuentra a su alrededor y estimula la presencia de hongos que la afectan. Para un buen almacenamiento del grano debe lograrse un equilibrio entre: humedad de grano entre 11 y 14 %, temperatura ambiente entre 25° C y 30 °C y una humedad relativa de 70 % (Cruz, 2017, p.28). Según García *et al* (2007), los silos herméticos son una tecnología de almacenamiento, facilitan el control de las condiciones de humedad y temperatura en el interior (p.232).

3.4.1. Problemas fitosanitarios de granos de maíz almacenados

García *et al.* (2007), menciona que, en el caso del maíz, las plagas de almacén causan pérdidas de rendimiento, disminución del valor comercial, pérdidas de calidad en el grano y del valor nutritivo del mismo. Esto, de manera directa, reduce los ingresos del agricultor y su familia y pone en riesgo su seguridad alimentaria, dentro del grupo de plagas primarias se encuentran el gorgojo del maíz

(*Sitophilus zeamais*), el barrenador grande del grano (*Prostephanus truncatus*) y la palomilla de los granos (*Sitotroga cerealella*).

Las plagas secundarias, por el contrario, no atacan los granos íntegros, sino que se alimentan de aquellos que ya han sido dañados por plagas primarias o sometidos a manejo o procesamiento. Entre las plagas secundarias se encuentran la polilla bandeada (*Plodia interpunctella*), el escarabajo castaño (*Tribolium castaneum*) y el barrenillo de los granos (*Rhyzoperta dominica*) (García *et al.*, 2007).

3.4.1.1. Gorgojo del maíz (*Sitophilus zeamais* L)

Particularmente el gorgojo adulto mide entre 3.3 y 5 mm de largo. Los mayores daños al grano los ocasionan las larvas y los adultos. Los adultos perforan el grano para ovipositar, mientras que las larvas forman surcos en el endospermo al alimentarse. La presencia del gorgojo favorece el ataque de otros insectos. García *et al.* (2007).



Figura 2. Grano de maíz atacado por gorgojo: a) perforación por adulto y b) surcos en el endospermo formados por la larva. Fuente: Unidad de Entomología (2007).

La hembra perfora el grano con su aparato bucal y oviposita individualmente los huevecillos dentro del grano y posteriormente lo cubre con una sustancia gelatinosa, una hembra oviposita de 200 a 500 huevecillo durante todo su periodo de vida, dependiendo la temperatura los huevecillos eclosionan entre los 3 y 5 días, emergen y completan su desarrollo, la larva pasa por cuatro estadios utiliza mezcla de desechos y secreciones para construir la celda pupal, donde se tarda de 3 a 6 días dependiendo del medio ambiente, al emerger el adulto es sexualmente maduro, al término de 8 a 10 días permanece dentro del grano varios días antes de dejarlo. Su ciclo de vida depende de la temperatura, pero varía entre 30 y 113 días (Burgos, 2018).

La duración del ciclo evolutivo y de los diferentes estados de la vida de los gorgojos varía mucho con la temperatura del ambiente. Los adultos se copulan enseguida que salen al exterior y el apareamiento se repite varias veces durante su existencia. Esta es bastante larga, sobre todo en la hembra, que no vive más de ocho meses la hembra del gorgojo del maíz (Burgos, 2018).

Para que se efectúe la cópula es necesaria una temperatura superior a los 12 ° C e inferior a los 33 ° C. La puesta se verifica una o dos semanas después de la copula y, se repite sin interrupción hasta alcanzar un total de 100 a 250 huevos e incluso más en determinadas ocasiones. La velocidad de la puesta depende también de la temperatura, siendo de un huevo diario a 20 grados, pudiendo ser más si la temperatura sube y menos si desciende. Por debajo de 14 o 15 ° C se detiene la puesta y cesa totalmente durante el invierno para volverse a reanudar en la primavera. El período de puesta dura así unos cuatro o cinco meses (Burgos, 2018).

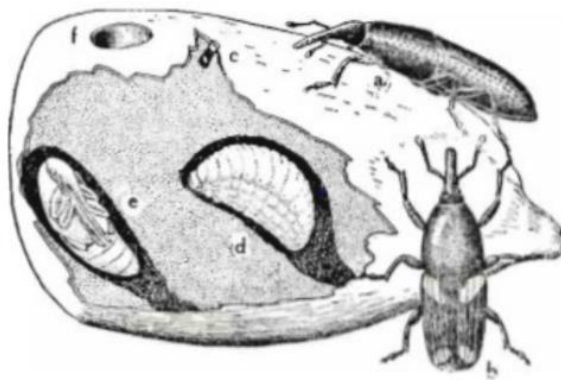


Figura 3. Grano de maíz con diferentes estados del gorgojo. Fuente: Universidad Nacional de Aprendizaje (2018).

3.4.2. Problemas mecánicos

El daño mecánico causa bajo vigor, afecta la calidad física, fisiológica y sanitaria de la semilla, traduciéndose en una baja vida de almacén. El daño mecánico causado por impacto depende de varios factores como: contenido de humedad, madurez fisiológica y tamaño y forma de la semilla (Rico et al., 2007).

3.5. Métodos de almacenamiento en Honduras

En Honduras se utilizan las trojas tradicionales o silos, en los cuales se hace un manejo mejorado, se deben seleccionar las mejores mazorcas; grandes, sanas y de buena calidad. Limpiar bien la troja por fuera y por dentro y sus alrededores; los residuos de la cosecha anterior hay que sacarlos y enterrarlos, para evitar que los gorgojos vuelen e infesten también el campo, para almacenar las mazorcas, primero se coloca sobre el piso de la troja una ligera capa del insecticida recomendado cal apagada; luego se coloca la primera capa de mil mazorcas, después insecticida o cal y así sucesivamente hasta dejar la troja llena a la altura deseada. (Cruz, 2017, p.28).

Troja mejorada con patas, es una estructura diseñada para evitar el fácil ataque de los roedores, se instala afuera, separada de la casa, elevada sobre el piso. Consta de patas, piso, paredes y techo. Las patas que sostienen la troja deben tener una altura mínima de un metro sobre el suelo con protectores anti-ratas. Las paredes y el piso son elevados para evitar el acceso de los roedores al grano. El techo puede construirse de materiales como lámina, tejas o madera. La decisión del tipo de material y las dimensiones de la troja dependerá de las posibilidades económicas del productor y su necesidad de almacenamiento (Cruz, 2017, p.29).



Figura 4. Troja mejorada con patas Fuente: SAGARPA (2007)

. Los silos metálicos son recipientes cilíndricos fabricados de lámina de zinc lisa, engrapada y soldada con estaño; tanto la parte superior como el fondo son planos. La parte superior tiene una abertura con tapadera, que sirve para llenar el silo. En los silos grandes, el tamaño de la abertura permite la entrada de una persona para la limpieza y revisión de la estructura. El componente cilíndrico tiene en su parte inferior una salida con tapadera que sirve para sacar el grano (Cruz, 2017, p.29).

El almacenamiento a granel es una práctica común. Este método tiene la ventaja que es mecanizable, aunado a que la manipulación de granos y semillas es rápida. Por el contrario, la posibilidad de ataque por roedores aumenta y hay poca protección contra la reinfestación (SAGARPA, 2003). Para grandes volúmenes, se utilizan almacenes con instalaciones mecánicas que garantizan un manejo adecuado y una conservación eficiente de los granos, almacenándose desde uno hasta varios años (Porres *et al.*, 2024).

3.6.Control de calidad para almacenar

Según la Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria (DICTA, 2013), para mantener una buena calidad física, nutricional y comercial de los granos almacenados, se debe realizar un manejo apropiado que evite el deterioro y la pérdida total de los mismos. Debemos tomar en cuenta almacenarlo con el porcentaje humedad correspondiente, temperatura del almacenamiento, ventilación adecuada y utilizar un buen sistema de almacenamiento.

3.7. Protocolo o normativas de calidad

- Que el producto recolectado se encuentre retirado de lámparas de iluminación o artefactos suspendidos, así también de cualquier material de manipulación del producto.
- Se controla el acceso de animales domésticos y pájaros a las instalaciones, para prevenir la contaminación del cultivo recolectado.
- En almacenes de periodo prolongado, el productor debe demostrar cumplimientos de registros, se deben tomar acciones con respecto a los pájaros y roedores, ingreso de agua y las zonas de calor.

- Las condiciones del almacenamiento se adaptan al tipo de producto y sus condiciones (a prueba de intemperie, pisos sólidos, muros y puertas adecuadas, etc.).
- De ser necesario, se debe disponer de equipo de acondicionamiento del producto, y el productor debe demostrar cumplimiento en la entrevista
- La persona responsable debe demostrar cumplimiento presentando evidencia de aparatos de monitoreo o plan.
- Se debe disponer de registros de mantenimiento y de las instrucciones del fabricante.
- Las áreas de carga deben estar limpias, sin depresiones o zonas donde pueda acumularse agua.
- Asegurar que no haya ingreso de la luz del sol.

Fuente: EUREPGAP (2005).

3.8.Costos de almacenamiento en Honduras

Tabla 1. Costo de almacenamiento de maíz en Langué, Valle.

Concepto	Unidades	L. Costo/Unidad
– Transporte del campo a la secadora por quintal (precio promedio)	Quintal	8.00
– Secado del grano por quintal, según % de humedad (proyección de rendimiento por manzana en quintales secos)	Quintal	22
– Transporte de la secadora a la agroindustria por quintal	Quintal seco	53.00
– Seguro agrícola		2,000.00
– Retención asociación de agricultores, programa (2.00 L. /quintal)	Quintal	2.00
– Aporte por venta del 1% al sar	Quintal	545.00
– Costos de pastilla de curar		125
– Almacenamiento		
– TOTAL		2755

Qq: quintales; L.: Lempiras.

3.9.Variedades de maíz

a. Olotillo

La forma de la mazorca es semicilíndrica, son largas y el olote delgadito, esto lo caracteriza de las demás razas de maíces. Sus mazorcas alargadas, son entre los 20 a 30 cm de largo y cuenta con un promedio de 12 hileras. Su grano es dentado-plano y grande, además es dulce y fácil de desgranar, resiste a plagas y con buen rendimiento por su relación grano/olote. La altura de la planta es de 2.5 a 3 m, lo que las hace frágiles a las lluvias y vientos fuertes. Su ciclo es de intermedio a tardío, la floración se presenta entre los 55 y 65 días, se adaptan a suelos delgados o terrenos marginales (Bacilio, 2024).

b. Capulín

Es una variedad criolla reconocida por su adaptabilidad y características agronómicas específicas. Según Cordes (2005), esta variedad presenta una altura promedio de planta de 2.69 metros, lo que la posiciona como una opción viable para cultivos en diversas condiciones. Además, se destaca por su homogeneidad en rendimiento. La variedad Capulín también es valorada por su capacidad de asimilación de nutrientes, lo que contribuye a su rendimiento agronómico y la hace adecuada para sistemas de cultivo sostenibles.

3.10. Productos tradicionales y/o naturales para almacenamiento de grano

El trabajo fue llevado a cabo con el apoyo logístico de la organización Vecinos Honduras, en asocio con Groundswell International. Se recopilaron datos e información directamente de los agricultores de las cuatro comunidades seleccionadas para el estudio. En el desarrollo de la investigación, se probaron diversas alternativas de conservación de granos, basadas en el uso de productos tradicionales y/o naturales disponibles en la zona. Asimismo, se documentaron las dosis utilizadas en cada una de las alternativas y se establecieron los procedimientos necesarios para su correcta aplicación, con el fin de evaluar su efectividad en la preservación del grano de maíz almacenado.

Se incluyó un testigo en el experimento, lo cual fue fundamental para evaluar la eficiencia de los diferentes métodos de almacenamiento propuestos.

La Fosfina, (PH₃) Fosfuro de hidrógeno, Trihidruro de fósforo o fosfamina, es un gas inorgánico muy venenoso, algo más pesado que el aire, la fosfina actúa como veneno neurotóxico bloqueando importantes sistemas enzimáticos dentro de las células del organismo (Orlando, 2016).

El ajo contiene compuestos que actúan como repelentes naturales contra diversas plagas. Su uso ha sido documentado en la protección de granos almacenados, donde se coloca dientes de ajo dentro de las estructuras de almacenamiento. Esto ayuda a mantener alejados a insectos como gorgojos y otros tipos de plagas (SICTA, s.f).

El alcanfor se ha utilizado tradicionalmente en el almacenaje de maíz debido a sus propiedades insecticidas, que ayudan a prevenir la infestación por plagas como los gorgojos y otros insectos que afectan los granos almacenados. El uso de alcanfor en pequeñas cantidades puede actuar como un repelente de estos organismos, evitando su proliferación sin afectar la calidad del grano (Dewan *et al*, 2020).

El uso de chile tabasco (*Capsicum frutescensen*) el almacenamiento de maíz es una práctica tradicional en diversas regiones debido a sus propiedades repelentes contra plagas. Según un estudio realizado por Rodríguez *et al* (2021), el chile, gracias a sus compuestos picantes como la capsaicina, actúa como un repelente natural contra insectos y roedores, reduciendo la infestación en granos almacenados sin afectar la calidad del maíz. Además, su aplicación contribuye a prevenir el deterioro causado por hongos y bacterias.

IV. MATERIALES Y MÉTODO

4.1.Descripción del sitio

El trabajo de investigación se realizó con el apoyo de la organización Vecinos Honduras en comunidades del municipio de Langué, en el departamento de Valle, a una altura de 136 msnm, la temperatura generalmente varía de 23 °C a 36 °C, con una humedad relativa del 89%. Las comunidades en las que labora la Organización son: La Faja, Isletas Arriba, Isletas Abajo, Las Olivas, Las Arandas, Potrerillos, Chaparral, Llano, Aguacatal, Copetillo. Las comunidades en las que se llevó a cabo estudio son: Isletas Isletas Abajo, Isletas Arriba, Copetillo, La Faja.

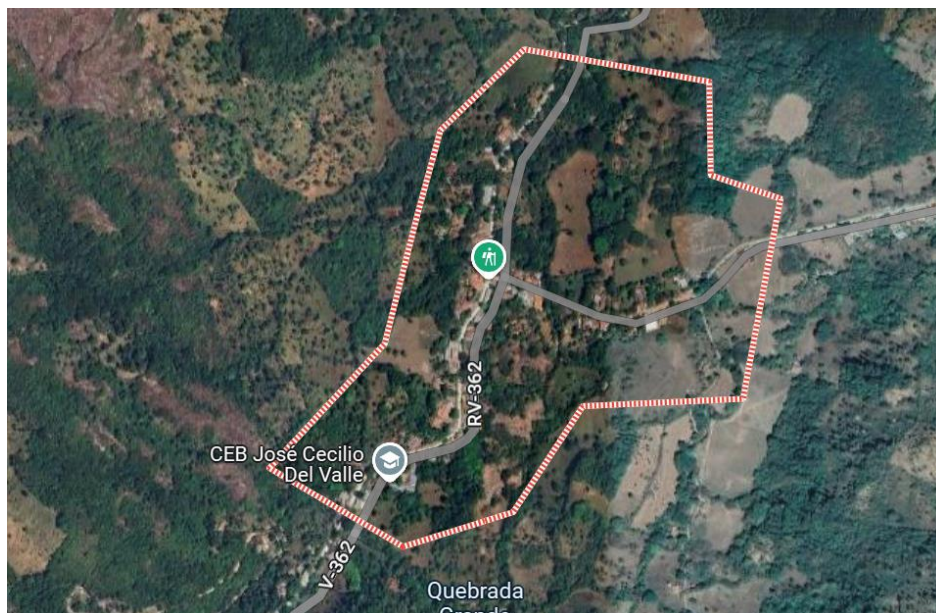


Figura 5. Ubicación de las comunidades de Langué, en donde opera Vecinos Honduras.

4.2. Material biológico y equipo experimental

4.2.1. Materiales experimentales

El trabajo de campo se realizó utilizando materiales y equipo como cubetas, balanza, báscula, determinador de humedad, hojas de registro, lápiz, calculadora, cámara, cinta adhesiva y marcadores. Y en el trabajo de escritorio se llevó a cabo con el apoyo de: computadora, hojas de registro, lápiz, calculadora.

4.2.2. Gorgojo del maíz (*Sitophilus zeamais*)

Se trabajó con el gorgojo del maíz (*Sitophilus zeamais*), un insecto plaga que afecta granos almacenados, especialmente el maíz. Se caracteriza por ser un insecto pequeño de color negro que tiene su cuerpo alargado. Las hembras depositan sus huevos dentro del grano, donde las larvas se desarrollan, alimentándose internamente abriendo surcos hasta alcanzar la etapa adulta. *Sitophilus zeamais* representa una amenaza significativa para la conservación de granos debido a su alta capacidad reproductiva y adaptabilidad. Los individuos utilizados en este estudio fueron recolectados directamente de granos de maíz infestados, provenientes de productores locales de la zona.

Se introdujeron gorgojos en las unidades experimentales en dos momentos distintos. La primera introducción se realizó al establecer las unidades, agregando 15 gorgojos por recipiente, cada uno con 30 libras de maíz y la dosis correspondiente de los productos naturales. El primer muestreo se realizó con el objetivo de evaluar la pérdida de peso del maíz, mientras que los muestreos posteriores se enfocaron en el conteo del número de gorgojos vivos.

4.3. Manejo experimental

4.3.1. Establecimiento de las unidades experimentales

Una vez socializado el objetivo de este trabajo de investigación en cada una de las comunidades (La Faja, Copetillo, Isletas Abajo, Isletas Arriba), se procedió a realizar visitas a dichas localidades para comenzar con el almacenamiento de los granos de manera natural. El programa Corredor

Seco de Vecinos Honduras fue el encargado de transportar cada uno de los materiales e insumos necesarios para la ejecución del proceso.

Cada una de las participantes compartió su experiencia personal en el uso de productos naturales y/o tradicionales como métodos de conservación de granos de maíz. Posteriormente, se explicó detalladamente los beneficios de cada uno de estos productos. Al momento de realizar el establecimiento del experimento, se procedió a pesar el maíz y determinar su porcentaje de humedad.

4.3.2. Tratamientos y unidad experimental

Durante la investigación se probaron diversos tratamientos basados en productos tradicionales y/o naturales disponibles en la zona, con el fin de evaluar su efecto en la conservación del grano de maíz almacenado. Los productos utilizados incluyeron: ajo, alcanfor, chile, pastilla, además de un tratamiento testigo sin aplicación. Estos productos fueron seleccionados a partir de las recomendaciones de los propios agricultores, quienes han empleado estas alternativas de manera empírica para la conservación del grano. Si bien existía una percepción positiva sobre su efectividad, no se disponía de evidencia técnica que la respaldara, razón por la cual en esta investigación se evaluaron formalmente, denominándolos productos alternativos:

- Producto 0 (p_0) = Testigo
- Producto 1 (p_1) = Ajo (*Allium sativum*)
- Producto 2 (p_2) = Alcanfor
- Producto 3 (p_3) = Chile tabasco (*Capsicum frutescensen*)
- Producto 4 (p_4) = Pastilla (Fosforo de Aluminio)

La unidad experimental consistió en un recipiente con una medida 5 galones (33 libras), recipiente de polietileno de alta densidad (HDPE), en el cual después de cosechar el grano en campo se almacenará a una temperatura que podría oscilar entre los 20°C y los 30°C, o más, dependiendo del clima externo.

Tratamientos: Productos: T0, T1, T2, T3, T4 combinado con las Variedades: v1, v2. Las variedades son: v1= Olotillo; v2= Capulín.

Tabla 2. Croquis de aleatorización de los tratamientos en las unidades experimentales

Comunidad 1: Isletas Abajo	Comunidad 2: Copetillo	Comunidad 3: Isletas Arriba	Comunidad 4: La Faja
p0v1	p2v2	p1v1	p4v2
p3v2	p1v1	p4v2	p0v1
p1v2	p4v2	p0v2	p3v1
p4v1	p0v1	p3v1	p2v2
p2v2	p3v1	p2v1	p1v1
p0v2	p1v2	p1v2	p4v1
p3v1	p2v1	p4v1	p0v2
p1v1	p4v1	p0v1	p3v2
p4v2	p0v2	p3v2	p2v1
p2v1	p3v2	p2v2	p4v2

4.3.3. Diseño experimental y análisis de datos

Los 5 tratamientos en las 4 comunidades de Langue fueron aplicados en las mismas condiciones de almacenaje, y se estudió la variable cuantitativa como el peso del grano, el cual se asumió con una distribución de probabilidad normal. Por lo tanto, se utilizó un arreglo factorial conducido en un diseño DBCA con dos factores: el factor A con cinco niveles y el factor B con dos niveles, con cuatro replicaciones correspondientes a las comunidades. Se realizó la comparación de medias según Tukey al 5% de significancia estadística.

El diseño estadístico fue en arreglo factorial, lo que permitió estudiar el efecto de los dos factores (variables independientes) simultáneamente sobre la variable dependiente (respuesta). Este diseño permitió entender cómo diferentes factores interactuaron entre sí y su impacto combinado sobre la variable respuesta. El modelo matemático aditivo lineal para el análisis de varianza es:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + (A * B)_{ij} + E_{ijk}$$

En donde:

Y_{ijk} = Variable respuesta

μ = Efecto común a todas las observaciones

A_i = Efecto del i-ésimo nivel de factor A; $i = a_1, a_2, a_i$ niveles de A

B_j = Efecto del j-ésimo nivel de factor B; $j = b_1, b_2, b_j$ niveles de B

$A*B_{ij}$ = Efecto del i-ésimo del factor A con j-ésimo nivel del factor B; $ij = a_1b_1, a_1b_2, a_ibj$ interacciones.

E_{ijk} = Error del modelo, que es aleatorio.

Tabla 3. Salida de varianza

F.V	gl	SC	CM	Fcal	Ftab
Bloque	n-1	SCbloq	$\frac{SCbloque}{n-1}$	$\frac{CMbloque}{CMbloque}$	F (n, glbloque, gl Error)
Factor A	a-1	SCA	$\frac{SCA}{a-1}$	$\frac{CMA}{CMEError}$	F (a, glA, gl Error)
Factor B	b-1	SCB	$\frac{SCB}{b-1}$	$\frac{CMB}{CMEError}$	F (a, glB, gl Error)
A*B	(a-1) (b-1)	SCAB	$\frac{SCAB}{(a-1)(b-1)}$	$\frac{CMAB}{CMEError}$	F (a, glAB, gl Error)
Error	ab(r-1)	SCError	$\frac{SCError}{ab(r-1)}$		
Total	abr-1	SCTotales			

F.V.= Fuente de variación; gl=grados de libertad; SC=Suma de cuadrados; CM=Cuadrados medios; Fcal= F calculada; Ftab= F tabulado.

Tabla 4. Análisis de varianza (ANOVA) de dos factores según modelo Modelo Fijo.

Fuente de variación	GL	CM	E (CM) Modelo 1
A	P a-1	CM_A	$\sigma_e^2 + r \sum_{i=1}^a (a)_i^2 / (a-1)$
B	Q b-1	CM_B	$\sigma_e^2 + r \sum_{j=1}^b (\beta)_j^2 / (b-1)$
AB	(a-1) (b-1)	CM_{AB}	$\frac{\sigma_e^2 + r \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b (a\beta)_{ij}^2}{(a-1)(b-1)}$
Error	(r-1) (ab-1)	CM_{Error}	σ_e^2
Total	abr-1		

Según Field (2013), los supuestos del ANOVA para un experimento son: Independencia de las observaciones, normalidad de las distribuciones de cada grupo y la homogeneidad de varianzas (las varianzas de los grupos deben ser iguales). Por tanto, se realizaron las pruebas respectivas para analizar los datos de este experimento según el diseño propuesto. Según Zimmerman (2011), el Análisis de Varianza (ANOVA) es una técnica estadística utilizada para comparar las medias de tres o más grupos y determinar si existen diferencias estadísticamente significativas entre ellos. Este método es particularmente útil cuando se desea evaluar el impacto de una o más variables independientes sobre una variable dependiente (Field, 2013). La interpretación de los resultados será según lo indicado por Zimmerman (2011). Si $p\text{-valor} < \alpha$ (nivel de significancia, generalmente 0.05), se rechaza la hipótesis nula, lo que indica que hay al menos una diferencia significativa entre los grupos. Si $p\text{-valor} \geq \alpha$, no se rechaza la hipótesis nula, indicando que no se encontraron diferencias significativas.

Asimismo, adicionalmente se realizó análisis de ANOVA con medidas repetidas, el cual se usa cuando las observaciones dentro de cada grupo se repiten o miden varias veces. La variable peso de grano se estará estimando en la misma unidad varias veces. Los enfoques usados en análisis de medidas repetidas pueden ser categorizados como convencionales o modernos. El enfoque convencional usa análisis univariado de varianza o análisis multivariado de varianza, ambos pueden ser realizados con PROC GLM, y el enfoque moderno se realiza con PROC MIXED de SAS (Gislum et al., 2009).

Tuero (2013), indica que los análisis de medidas repetidas con modelos mixtos pueden llevarse a cabo de una manera relativamente fácil con varios paquetes estadísticos de carácter generalista incluyendo los módulos PROC MIXED y PROC GLIMMIX de SAS y la función *lme* de R y *Splus*, así como mediante los comandos *mixed* y *xtmixed* de SPSS y STATA, respectivamente. No obstante, los dos procedimientos de SAS tienen la ventaja de ofrecer un menú más amplio y de incorporar la solución introducida por Kenward y Roger (1997, 2009) para realizar inferencias con muestras pequeñas. Los softwares estadísticos a utilizar son The SAS System, R Studio y Minitab.

Dado que la variable respuesta es con factores fijos y aleatorios, con variable respuesta de conteo con distribución poisson, el modelo que se usará para analizar los datos será en un Modelo Líneal Generalizado Mixto GLMM, con medidas repetidas con función de enlace o link = "log".

$$\log(\mu_{ijk}) = \beta_0 + \beta_1 \cdot X_{1ijk} + \beta_2 \cdot X_{2ijk} + \dots + u_j + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

- μ_{ijk} : media esperada de la respuesta para la observación i en el sujeto j en el tiempo k
- $\log$: función de enlace logarítmica
- $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots$: coeficientes fijos
- $X_{1ijk}, X_{2ijk}, \dots$: variables independientes
- u_j : efecto aleatorio del sujeto o grupo j (puede incluir otros niveles jerárquicos)
- ε_{ijk} : error residual (en algunos GLMM se considera absorbido por la varianza del modelo dependiendo del tipo de distribución)

4.4. Variables evaluadas

Las variables que se estudiaron en esta investigación fueron la pérdida de peso, numero de gorgojos muertos, condiciones socioeconómicas y productivas de la zona.

4.4.1. Pérdida de peso en el grano

Para medir esta variable y el efecto producido en los tratamientos se aplicó 15 individuos del gorgojo del maíz (*Sitophilus zeamais*) en cada unidad experimental (UE), con el propósito de asegurar que exista daños al grano y se refleje en la pérdida de peso en el mismo, se realizó un muestreo en el mes de marzo, pesándose los granos en kilogramos y registrándose el peso en cada UE.

Materiales requeridos:

- Pastillas de fosfina: ¼ de pastilla por recipiente.
- Ajo fresco (*Allium sativum*): 30 gramos por recipiente.
- Pastillas de alcanfor: 4 pastillas por recipiente.
- Chile tabasco (*Capsicum frutescensen*) seco: 30 gramos por recipiente.
- Tela para envolver los productos.
- Cubetas de 5 galones (33 libras) con tapa hermética.

- Balanza
- Bascula

Pastillas de fosfina

1. Se agregó el maíz al recipiente (30 libras).
2. Se colocó $\frac{1}{4}$ de pastilla envuelto en tela en la parte superior del recipiente.
3. Se agregaron 15 gorgojos (*Sitophilus zeamais*).
4. Finalmente, se cerró bien con la tapa hermética.

Recomendaciones del uso de químicos:

Usar guantes, botas, delantales y ropa protectora de material impermeable para evitar el contacto con la piel, tapabocas, mascara para vapores orgánicos, lavarse siempre las manos, cara y brazos antes de comer, beber (Potrie, 2018).

Ajo (*Allium sativum*)

1. Se pelaron y machacaron ligeramente 30 gramos de ajo.
2. Se envolvió el ajo en una pequeña porción de tela.
3. Se agregaron las primeras 15 libras de maíz al recipiente.
4. Se colocó el ajo en medio del recipiente.
5. Se agregaron las 15 libras de maíz restantes.
6. Se agregaron 15 gorgojos (*Sitophilus zeamais*).
7. Finalmente, se cerró bien el recipiente.

Pastillas de alcanfor

1. Se agregaron 30 libras de maíz al recipiente.
2. Se colocaron 4 pastillas envueltas en la parte del recipiente.
3. Se agregaron 15 gorgojos (*Sitophilus zeamais*).
4. Finalmente, cerrar bien con la tapa hermética.

Chile tabasco (*Capsicum frutescensen*) en polvo

1. Se prepararon 30 gramos de chile tabasco seco envueltos en tela.
2. Se agregó 15 libras de maíz a un recipiente.

3. Se colocó 30 gramos de chile tabasco en el centro de la cubeta y se añadió 15 libras de maíz.
4. Se agregó 15 gorgojos (*Sitophilus zeamais*).
5. Finalmente, se cerró bien con la tapa hermética.

4.4.2. Número de gorgojos (*Sitophilus zeamais*) muertos

Esta variable evaluada en este estudio consistió en la introducción de 50 gorgojos por unidad experimental cada mes, con el objetivo de cuantificar la mortalidad de los insectos en respuesta a distintos tratamientos aplicados. El número de gorgojos muertos se utilizó como indicador principal para determinar la eficacia de los productos naturales en el control de plagas. Esta metodología permitió evaluar el efecto de cada tratamiento sobre la mortalidad de los gorgojos a lo largo del tiempo, brindando información valiosa sobre la consistencia y efectividad de cada intervención en diferentes comunidades.

Dado que se trata de conteo, fue necesario realizar muestreos periódicos para monitorear los niveles de mortalidad en cada unidad experimental. Con el fin de asegurar la validez del análisis estadístico, se aplicó una prueba de normalidad a los datos recolectados. Esta prueba permitió determinar si los datos cumplían con los requerimientos necesarios.

El análisis y procesamiento de los datos se llevó a cabo mediante el uso del software SAS (Statistical Analysis System), una herramienta especializada en análisis estadístico que permite la gestión, exploración y modelado avanzado de datos. SAS se destaca por su capacidad para manejar grandes volúmenes de información de forma eficiente, facilitando la aplicación de pruebas estadísticas complejas y la visualización de resultados, lo cual fue fundamental para garantizar la precisión y solidez de los resultados obtenidos en este estudio.

4.4.3. Condiciones socioeconómicas y productivas

Una vez en campo, se realizó la consulta con los agricultores de costos para cada tratamiento cual es más barato y cual es más significativo hacer una comparación. Utilizando el sistema de costos ABC (sigla en inglés de “activity based costing”) que se basa en el principio que dice que la actividad es la generadora de costos y que los productos consumen actividades, los productos generan actividades y las actividades consumen costos.

El costo de los productos debe comprender el costo de las actividades necesarias para fabricarlo. El sistema ABC se basa en la agrupación de centros de costos que conforman una secuencia de valor de productos y servicios de la actividad productiva. Lo más importante es conocer el origen de los costos para obtener mayor beneficio posible de ellos, minimizando todos los factores que no añadan valor. Los pasos para establecer un sistema ABC son los siguientes:

1. Determinar el recurso.
2. Identificar las actividades.
3. Identificar los elementos de costos de las actividades.
4. Determinar los generadores de costos.
5. Asignar los costos a las actividades.
6. Asignar los costos de las actividades a los materiales y al producto.
7. Asignar los costos directos a los productos

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Análisis de variable peso de grano

5.1.1. Prueba de Normalidad

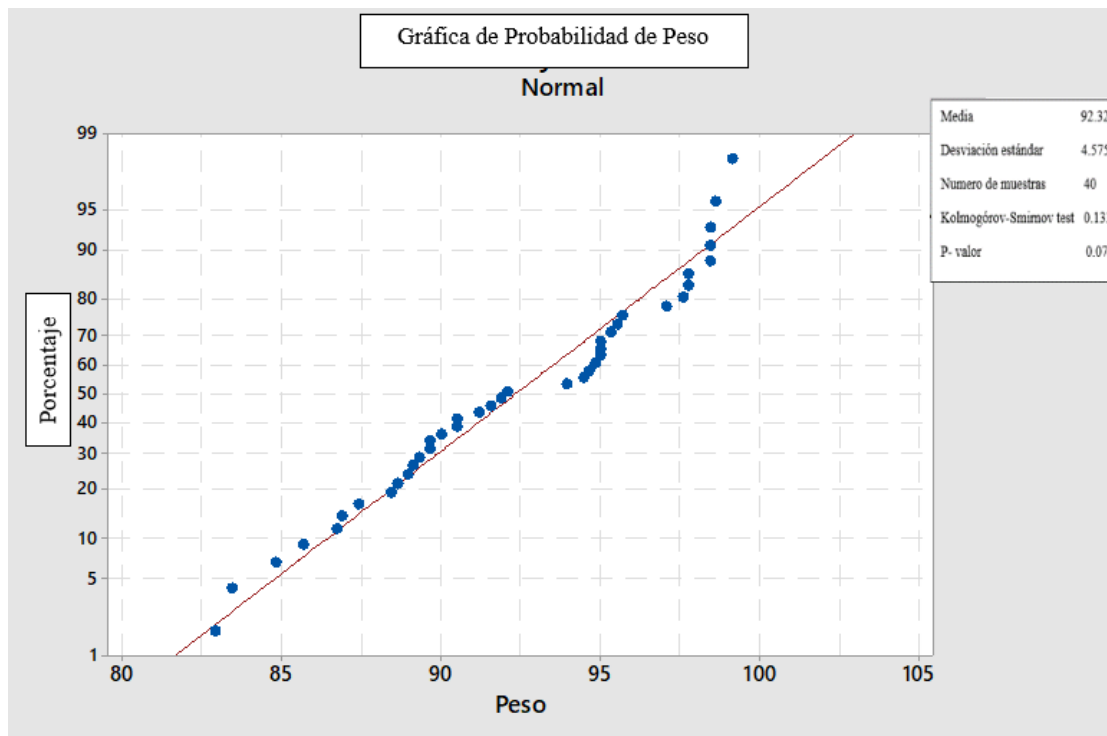


Figura 6. Grafica de Normalidad de datos.

$$F_n(t) = \frac{\text{número de elementos de la muestra } \leq t}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 1_{X_i \leq t},$$

El gráfico muestra una prueba de normalidad usando la función de Kolmogórov-Smirnov, que permite evaluar si los datos de peso siguen una distribución normal. En esta prueba, los puntos del gráfico se comparan con una línea recta que representa cómo deberían comportarse los datos si fueran normales. Como la mayoría de los puntos están cerca de esa línea, ya se sugiere que los datos se comportan de forma esperada. El valor p obtenido es 0.076. Según la hipótesis de

interpretación, cuando el valor p es mayor que 0.05, como en este caso, no se rechaza la hipótesis nula, lo que significa que no hay evidencia suficiente para afirmar que los datos no son normales; en otras palabras, hay normalidad en los datos. Por lo tanto, se puede concluir que los datos de peso siguen una distribución normal, con una media de 92.317.

Tabla 5. ANOVA para pérdida de peso en los tratamientos

FV	P-Valor
Comunidades	0.000***
Productos	0.016*
Variedad	0.346 ns
Productos*Variedad	0.702 ns
Error	
Total	
CV	3.043

FV= Fuente de variación

El análisis de varianza muestra que la variedad y la interacción entre productos y variedad no muestran efectos significativos ($p = 0.346$ y $p = 0.702$, respectivamente), lo que indica que estos factores no modifican sustancialmente la pérdida de peso. Los productos afectan de manera relevante la variable ($p = 0.016$), lo que implica que los productos aplicados influyen en la pérdida de peso.

Se indica que las diferencias en la pérdida de peso también pueden atribuirse a variaciones entre comunidades, ya que en cada una el peso de los tratamientos por variedad fue distinto. Asimismo, se observaron diferencias en el efecto de los productos debido a características estructurales de los granos. Por ejemplo, la variedad Capulín, al tener una estructura más dura, dificulta la acción del gorgojo, mientras que la variedad Olotillo, con un grano más frágil y harinoso, resulta más susceptible al daño.

Teniendo un coeficiente de variación ($CV = 3.043\%$) siendo este menor a 10%, nos indica que la toma de los datos tuvo un buen control local, lo que sugiere que el experimento tuvo una buena precisión y el manejo del experimento fue adecuado y la variación de los datos no fue dispersa, es decir refleja una baja variabilidad relativa entre los datos.

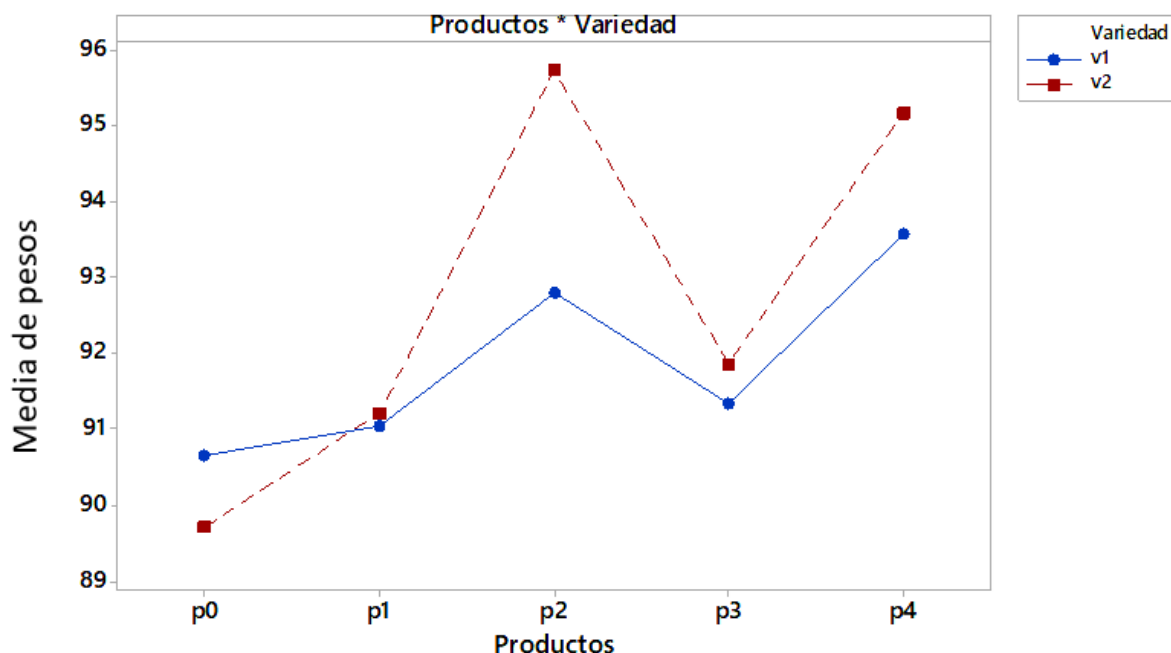


Figura 7. Interacción entre media de pesos y productos

La gráfica representa la interacción entre los productos y las variedades en relación con la media del peso del maíz, complementando los resultados del ANOVA. En el eje horizontal se encuentran los diferentes productos aplicados, mientras que en el eje vertical se muestra la media del peso del maíz en cada tratamiento. Las líneas azul y roja representan las variedades v1(olotillo) y v2 (capulín), respectivamente, mostrando cómo varía el peso según el producto utilizado.

Se observa que la variedad Olotillo (v1) presenta un incremento progresivo del peso desde el testigo (p0) hasta la pastilla fosfina (p4), mientras que la variedad Olotillo (v2) exhibe una fluctuación con un pico en alcanfor (p2), una disminución en chile (p3) y un nuevo aumento en fosfina (p4). Esta variabilidad sugiere que ciertos productos tienen un impacto diferencial en el peso del maíz dependiendo de la variedad utilizada, aunque en el ANOVA, la interacción entre productos y variedades no resultó estadísticamente significativa ($p = 0.702$).

Esto indica que, aunque la gráfica muestra diferencias visuales, estadísticamente estas variaciones podrían deberse al azar. En términos prácticos, los productos influyen en la pérdida de peso, pero

no de manera dependiente de la variedad, lo que es clave para optimizar tratamientos agrícolas sin considerar interacciones complejas entre los factores.

Tabla 6. Comparaciones de peso

Productos		Promedio	
Fosfina (P4)	8	94.3827	A
Alcanfor (P2)	8	94.2751	A B
Chile (P3)	8	91.6064	A B
Ajo (P1)	8	91.1329	A B
Testigo (P0)	8	90.1860	B
Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.			

Se hizo una comparación entre los pesos (Testigo P0 a Fosfina P4) para ver si alguno pesa significativamente más o menos que los otros. El resultado muestra que el producto fosfina (P4) es el que tiene el peso promedio más alto, mientras que el producto P0 es el que tiene el promedio más bajo. Los demás productos (P1, P2 y P3) parecidos entre sí, según los datos nos demuestra que P2 (alcanfor) es uno de los productos más recomendados, luego p1 que es ajo.

6.1.1. Discusión de la variable peso de grano

La prueba de normalidad demostró que los datos utilizados presentan una distribución adecuada, lo que permite proceder con los análisis estadísticos correspondientes para esta variable. A través del análisis de varianza (ANOVA), se pudo determinar que tanto los productos como las comunidades presentan diferencias estadísticamente significativas. Esto indica que los productos generan efectos distintos en cada comunidad.

En relación con la eficacia de los tratamientos evaluados para reducir la pérdida de peso del grano durante el almacenamiento, el uso del alcanfor destacó como el método más efectivo. Los recipientes tratados con alcanfor presentaron una notable reducción en la pérdida de peso del maíz, lo que a su vez refleja una menor actividad del gorgojo, insecto que comúnmente ataca el grano almacenado. Este efecto puede atribuirse al fuerte olor característico del alcanfor, el cual actúa como un repelente natural al interferir con el sistema sensorial del insecto. El alcanfor no solo evita que el gorgojo se acerque al grano, sino que también puede afectar sus mecanismos de orientación y reproducción, limitando así su capacidad para causar daño. Como resultado, el maíz almacenado en presencia de alcanfor conserva mejor su peso, representando una alternativa eficaz y natural para el manejo postcosecha.

Estos análisis se procesaron mediante Software Minitab 17.

En una investigación Karthikeyan et al (2009), menciona que el uso de alcanfor utilizado para el almacenamiento de estos granos puede actuar como fumigante, repelente o antialimentario, debido a su olor penetrante.

5.2.Variable mortalidad de gorgojos por tratamientos en el tiempo.

Tabla 7. Estadísticos de Ajuste

Estadísticos de ajuste	ANTE(1)
Verosimilitud -2 Log	810.77
AIC	880.77
AICC	910.77
BIC	859.29
CAIC	894.29
HQIC	833.63
Chi-cuadrado de Pearson	106.01
Chi-cuadrado de Pearson / DF	0.88

Los estadísticos de ajuste nos ayudan a saber qué tan bien se adapta un modelo a los datos reales. Sirven para evaluar si el modelo que usamos representa correctamente lo que está pasando. Cuanto mejores sean estos valores, mejor describe el modelo a los datos.

Se seleccionó la mejor estructura de covarianza según los criterios estadísticos de ajuste, donde la estructura de covarianza ANTE (1) fue la mejor, es decir que fue la que presentó los menores valores en la mayoría de los estadísticos de ajuste, lo que indica que con pocos parámetros es suficiente para explicar la variabilidad del modelo estadístico usado. Esta estructura demostró que los estadísticos de ajuste **AIC** (compara modelos; entre menores parámetros mejor), **AICC** (Como el anterior pero ajustado para muestras pequeñas), **BIC** (Evalúa los modelos complejos), **CAIC** (penalización aún mayor por complejidad), y **HQIC** (balance entre ajuste y complejidad) tiene valores de 810.77, 880.77, 910.77, 859.29, 894.29, 833.63 respectivamente, lo que sugiere que este modelo captura mejor la relación entre las observaciones sin agregar complejidad innecesaria.

Elegir ANTE (1) significa que el modelo puede capturar mejor la progresión de la mortalidad de gorgojos en función de los tratamientos y del tiempo, ofreciendo estimaciones más confiables para decisiones sobre el manejo de plagas. En términos prácticos, esto sugiere que la mortalidad de los

gorgojos depende del estado previo de la población, y por ello, ANTE (1) resulta ser la mejor estructura para reflejar la dinámica real en campo. El estadístico de Chi cuadrado de Pearson / DF de 0.88 indica que las varianzas son menores que las medias, entonces se determinó que la distribución usada es la adecuada para estos datos ya que el valor de Chi es menor que 1, y como está cercano a 1 indican hay un buen ajuste del modelo y que no existe una sobre dispersión en el conjunto de datos. La tabla completa de covarianzas se presenta en el Anexo 2.

Tabla 8. ANOVA de efectos principales.

FV	Pr > F	Sig
Comunidad	0.0000	***
Tratamiento	0.0000	***
Mes	0.0141	**
Trat*Mes	0.4043	ns

FV = Fuente de variación, , Pr > F = probabilidad mayor que F, Sig = Significancia Estadística

En este Análisis de Varianza de los efectos principales, se determinó que existe significancia estadística altamente significativa entre las comunidades (Pr > F = 0.0000) y entre los tratamientos (Pr > F = 0.0000). Además, el tiempo (mes) también mostró una significancia estadística al 5 % con un p- value (Pr > F = 0.0141). Por otro lado, la interacción entre tratamiento y mes no fue significativa (Pr > F = 0.4043), lo que indica que el efecto de los tratamientos no varió significativamente a lo largo del tiempo. En este modelo con estructura Ante (1), se observa que también hubo diferencias estadísticamente significativas entre las comunidades.

Tabla 9. Intercepto de los tratamientos

Tratamiento	Estimación	Error Estándar
Intercepto	3.9091	0.08125
p0v1 (testigo + olotillo)	-0.9810	0.1354
p0v2 (testigo + capulín)	-0.9291	0.1329
p1v1 (ajo+ olotillo)	-0.7659	0.1255
p1v2 (ajo + olotillo)	-0.5028	0.1152
p2v1 (alcanfor + capulín)	-0.2172	0.1059
p2v2 (alcanfor + capulín)	-0.1338	0.1035
p3v1 (chile + olotillo)	-0.3569	0.1102
p3v2 (chile + capulín)	-0.2423	0.1066
p4v1 (pastilla + olotillo)	-0.00022	0.10000
p4v2 (pastilla + capulín)	0	.

El intercepto de 3.9091 representa la mortalidad inicial de los gorgojos, antes de aplicar cualquier tratamiento. Dado que el modelo sigue una distribución Poisson, este valor está expresado en la escala del logaritmo natural, lo que significa que la cantidad esperada de insectos muertos sin intervención es de aproximadamente 49.8 individuos, $\exp(e^{3.9091}) \approx 49.8$ insectos muertos. Este resultado indica que, aun sin tratamientos, hay una tasa de mortalidad considerable, posiblemente debido a factores ambientales o condiciones naturales del experimento. En la tabla los tratamientos que tiene un coeficiente positivo, significan que aumentan la mortalidad con respecto al valor inicial, y los que tienen un coeficiente negativo indica una reducción en la cantidad de gorgojos muertos.

En la estimación de productos, se observa que, a mayor valor numérico, menor es la mortalidad de los gorgojos, lo cual coincide con lo mostrado en la gráfica. El error estándar indica la precisión de la estimación, valores más bajos reflejan mayor confiabilidad y consistencia en los resultados, mientras que valores altos señalan menor precisión al replicar este ensayo. La tabla completa se presenta en Anexo 4.

Tabla 10. Estimación de los tratamientos

Tratamiento	Estimación	ES
p0v1 (testigo + olotillo)	2.6010	0.08965
p0v2 (testigo + capulín)	3.0231	0.07529
p1v1 (ajo+ olotillo)	3.2621	0.06930
p1v2 (ajo + olotillo)	3.3819	0.06658
p2v1 (alcanfor + capulín)	3.4874	0.06457
p2v2 (alcanfor + capulín)	3.6476	0.06145
p3v1 (chile + olotillo)	3.5590	0.06300
p3v2 (chile + capulín)	3.5778	0.06274
p4v1 (pastilla + olotillo)	3.9089	0.05718
p4v2 (pastilla + capulín)	3.9090	0.05718

Este modelo proporciona estimaciones de la mortalidad de insectos bajo distintos tratamientos, expresadas en la escala del modelo a través del predictor lineal (η_{ij}). Para interpretar estos valores en términos prácticos, se aplica la función de enlace inverso (ILINK), transformándolos a la escala de los datos. Los tratamientos con valores más altos ($p4v1 = 3.9089$ y $p4v2 = 3.9090$) reflejan una mayor mortalidad, mientras que aquellos con estimaciones más bajas ($p0v1 = 2.6010$) indican una reducción significativa en el número de insectos muertos.

El error estándar (ES) proporciona una medida de la precisión de cada estimación: valores pequeños implican mayor confianza en los resultados. Todos los tratamientos presentan p-valores menores a 0.0001, lo que confirma que las diferencias observadas no son producto del azar.

En términos de aplicación en campo, estos resultados permiten identificar qué tratamiento es más efectivo en el control de la plaga y cuáles presentan una menor tasa de mortalidad, facilitando decisiones fundamentadas para el manejo de los gorgojos.

Tabla 11. Información de Agrupación Usando el Método LSD de Fisher y 95% de Confianza

Tratamiento	N	Media	Grupos
p4v2 (fosfina + capulín)	12	50.0000	A
p4v1 (fosfina + olotillo)	12	50.0000	A
p2v2 (alcanfor + capulín)	12	38.6667	B
p3v2 (chile + capulín)	12	36.0833	B C
p3v1 (chile + olotillo)	12	35.2500	C
p2v1 (alcanfor + olotillo)	12	33.1667	C D
p1v2 (ajo + capulín)	12	29.5833	D E
p1v1 (ajo + olotillo)	12	26.3333	E
p0v2 (testigo + capulín)	12	20.7500	F
p0v1 (testigo + olotillo)	12	14.0833	G

*Medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

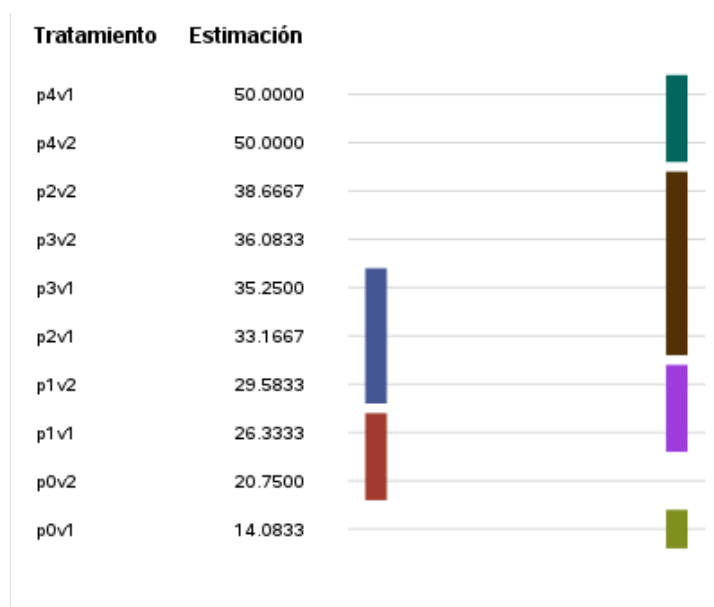


Figura 7. Gráfico de prueba de medias según LSD de Fisher y 95% de Confianza (Medias cubiertas por la misma barra no son significativamente diferentes).

La tabla y el grafico anterior muestra la comparación de medias mediante la prueba LSD al 5%, agrupando los tratamientos según su similitud estadística. Aquellos con la misma letra indican que sus medias no presentan diferencias significativas, mientras que los que tienen letras distintas

muestran discrepancias relevantes. Se observa que fosfina+olotillo (p4v1) y fosfina + capulín (p4v2) están en el grupo A, lo que indica que tienen los valores más altos.

En contraste, testigo + olotillo y testigo + capulín aparecen en los grupos G y F, mostrando las menores medias dentro del análisis. Esto sugiere que los tratamientos sin aplicación de producto tienen un impacto menor en la variable de estudio, mientras que los tratamientos superiores muestran una mayor respuesta. Esta clasificación es clave para evaluar cuáles generan los mejores resultados en términos de efectividad.

Tabla 12. Prueba de Dunnett 1

Tratamiento	N	Media	Grupo
p0v1 (Control)	12	14.0833	A
p4v2 (fosfina + capulín)	12	50	
p4v1 (fosfina + olotillo)	12	50	
p2v2 (alcanfor + capulín)	12	38.6667	
p3v2 (chile + capulín)	12	36.0833	
p3v1 (chile + olotillo)	12	35.25	
p2v1 (alcanfor + olotillo)	12	33.1667	
p1v2 (ajo + capulín)	12	29.5833	
p1v1 (ajo + olotillo)	12	26.3333	
p0v2 (testigo + capulín)	12	20.75	A

La prueba de Dunnett con un 95% de confianza, en la tabla anterior, los tratamientos marcados con la letra A indican que no presentan diferencias estadísticamente significativas respecto al control (p0v1). Es decir, sus efectos sobre la mortalidad de insectos no son distintos al del tratamiento testigo.

Tabla 13. Prueba de Dunnett 2

Tratamiento	N	Media	Grupo
p0v2 (Control)	12	20.7500	A
p4v2 (fosfina + capulín)	12	50.0000	
p4v1 (fosfina + olotillo)	12	50.0000	
p2v2 (alcanfor + capulín)	12	38.6667	
p3v2 (chile + capulín)	12	36.0833	
p3v1 (chile + olotillo)	12	35.2500	
p2v1 (alcanfor + olotillo)	12	33.1667	
p1v2 (ajo + capulín)	12	29.5833	
p1v1 (ajo + olotillo)	12	26.3333	A
p0v1 testigo + olotillo	12	14.0833	A

Tomando como control el tratamiento p0v2. Se observa que los tratamientos p0v2, plv1 y p0v1 aparecen con la letra A, lo cual indica que no difieren significativamente del control. Por tanto, su efecto sobre la mortalidad de insectos es estadísticamente comparable. En contraste, los demás tratamientos muestran efectos significativamente distintos al del control, lo cual se refleja en la ausencia de una letra en la columna de grupo.

Tabla 14. Media de los tratamientos y estadísticos generales

Tratamiento	Media
p0v1 (testigo + olotillo)	14.0833333
p0v2 (testigo + capulín)	20.7500000
p1v1 (ajo + olotillo)	26.3333333
p1v2 (ajo + capulín)	29.5833333
p2v1 (alcanfor + olotillo)	33.1666667
p2v2 (alcanfor + capulín)	38.6666667
p3v1 (chile + olotillo)	35.2500000
p3v2 (chile + capulín)	36.0833333
p4v1 (fosfina + olotillo)	50.0000000
p4v2 (fosfina + capulín)	50.0000000

El cuadro muestra las medias y la varianza de los tratamientos, resaltando que p4v1 (pastilla + olotillo) y p4v2 (pastilla + capulín) tienen los valores más altos (50.0000), reflejando una mayor efectividad. En contraste, p2v1 y p2v2 presentan una gran variabilidad (96.69 y 57.87), lo que sugiere inconsistencias en los resultados. Los tratamientos con menor varianza son más estables. La desviación estándar confirma esta variabilidad, mientras que los valores extremos muestran la dispersión total de los datos. La tabla de los estadísticos completos se encuentra en el Anexo5.

El cuadro muestra cómo se comportaron los diferentes tratamientos en términos de efectividad. Los tratamientos fosfina + olotillo y fosfina + capulín tuvieron los valores más altos, lo que significa que fueron los más efectivos. Por otro lado, los tratamientos alcanfor + olotillo y alcanfor + capulín mostraron una gran variabilidad, lo que indica que los resultados no fueron consistentes; en algunos casos fueron buenos, pero en otros no tanto. La varianza y la desviación estándar son medidas que ayudan a entender qué tan dispersos o estables fueron los resultados. Los tratamientos con menor variabilidad son más confiables

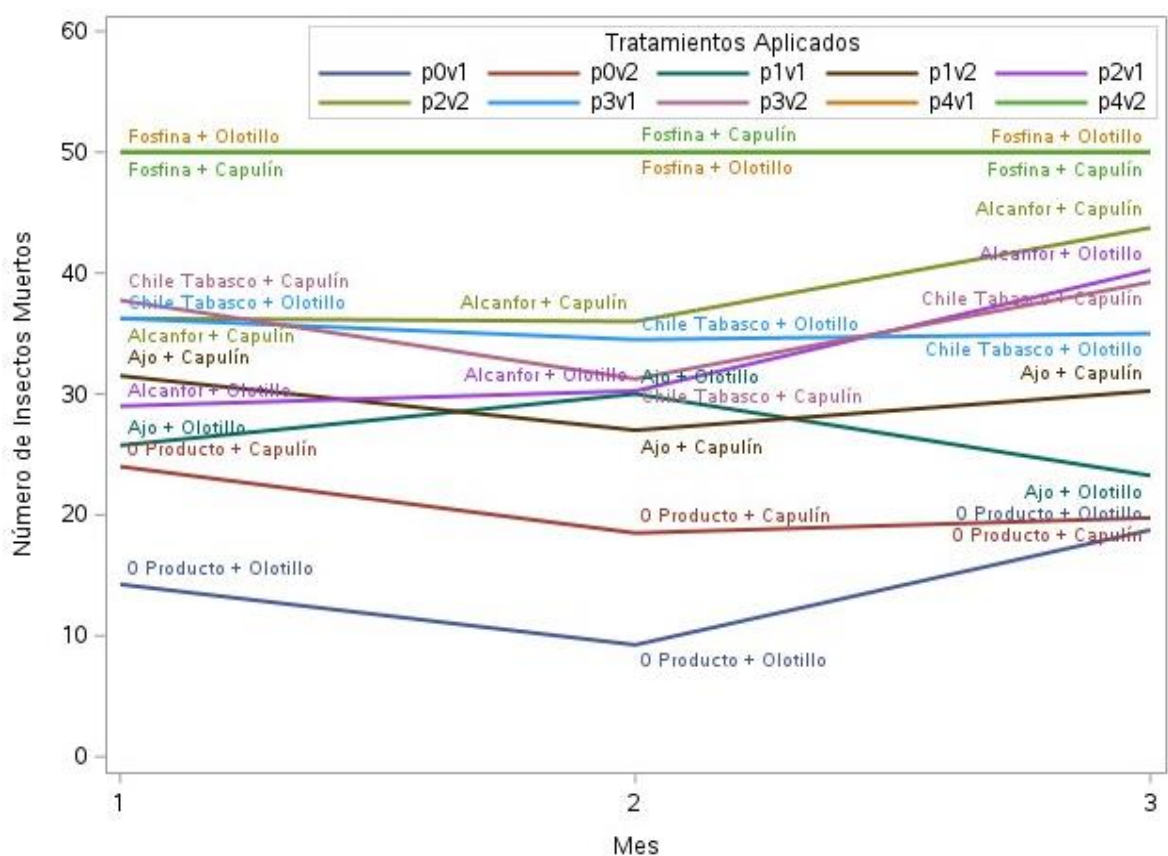


Figura 8. Gráfico de numero de gorgojos muertos en relación al tiempo

El gráfico muestra la evolución del número de insectos muertos a lo largo de tres meses al aplicar diferentes tratamientos compuestos por combinaciones de productos naturales y químicos. En el eje vertical (y) se representa el número de insectos muertos, mientras que en el eje horizontal (x) se indican los meses de seguimiento. Cada línea de color corresponde a un tratamiento específico, los productos (p0, p1, p2, p3, p4) y las variedades (v1, v2).

Asimismo, el gráfico evidencia que el uso de productos naturales resulta efectivo como método de control de plaga en la conservación de maíz. Se observa que el tratamiento p4v1 y p4v2 que corresponde al producto químico o fosfina con las distintas variedades, es el mejor al conseguir un 100% de mortalidad de gorgojos en las unidades experimentales en los distintos tiempos, seguido de la alternativas alcanfor con capulín (p2v2) que corresponde con promedio de 36.25, 36.00 y 43.75 en los distintos tiempos, Por otro lado, chile + capulín (p3v2), con una media de 36.08 en el mismo periodo, presenta variaciones en su efectividad, posiblemente debido a factores

ambientales. En cuanto a ajo + capulín (p1v2), que tiene una media de 29.58 en el primer mes, se observa una respuesta más lenta, alcanzando su mejor rendimiento en el tercer mes.

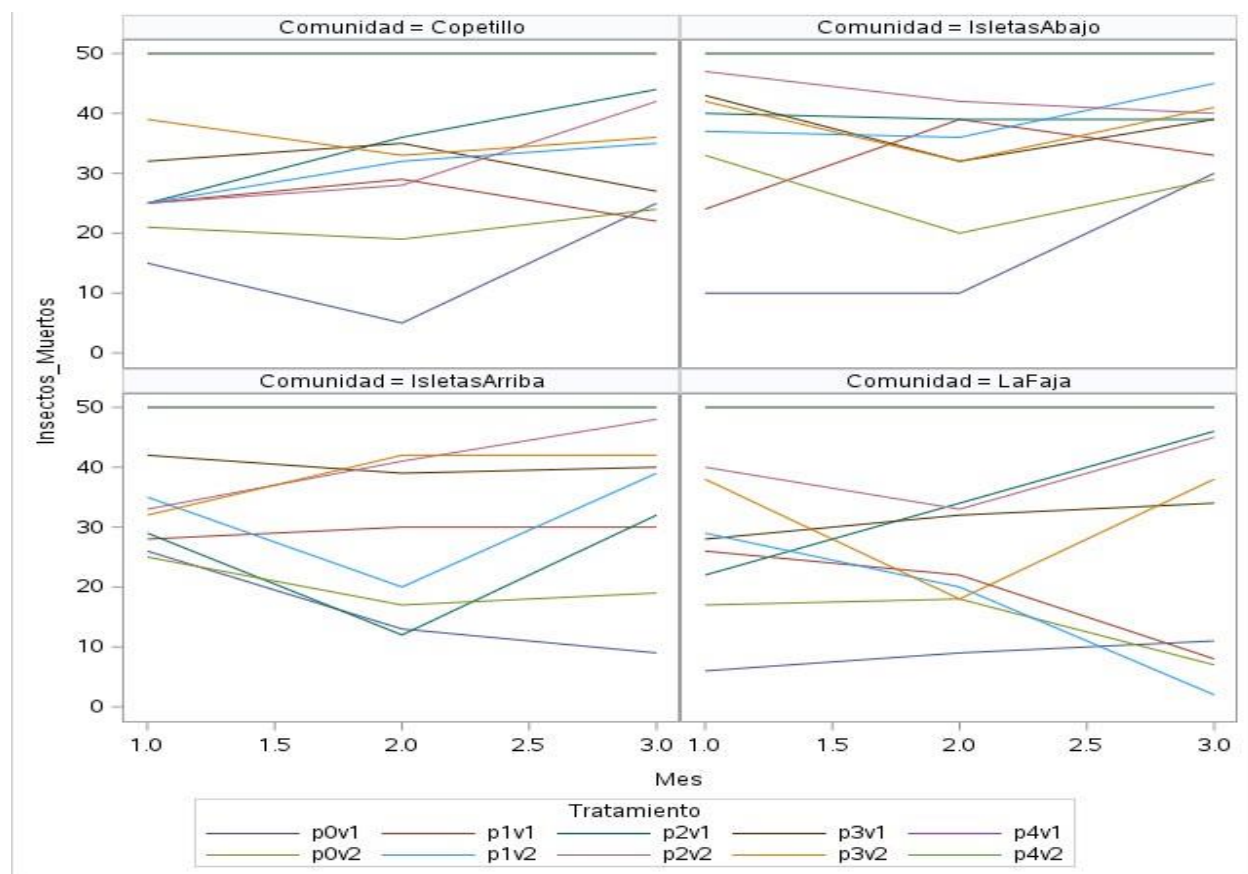


Figura 9. Gráfico de numero de gorgojos muertos, en relación del tiempo en cada una de las comunidades

El gráfico indica las variaciones en la efectividad de los productos naturales según la comunidad evaluada, en el Copetillo, el alcanfor y el chile destacan por registrar los niveles más altos de mortalidad de gorgojos, lo que sugiere una mayor eficacia de estos productos en dicha localidad. En Isletas Abajo, el ajo y el alcanfor resultan ser los tratamientos más efectivos, mientras que en Isletas Arriba, los tres productos naturales analizados presentan altos niveles de mortalidad, indicando una respuesta positiva generalizada. En la comunidad de La Faja, el alcanfor, en ambas de sus variedades, muestra la mayor eficacia al alcanzar las cifras más elevadas de gorgojos muertos, seguido por el chile.

5.2.1. Discusión de variable mortalidad de gorgojos por tratamientos en el tiempo.

En esta variable se hace uso de los estadísticos de ajuste, que nos permite conocer si el modelo que estamos utilizando es el indicado y que se ajusta bien a nuestros datos, en este caso la covarianza Ante (1), es la que mejor se adapta, porque es la que menores tiene los datos. En términos prácticos, esto sugiere que la mortalidad de los gorgojos depende del estado previo de la población, y por ello, ANTE (1) resulta ser la mejor estructura para reflejar la dinámica real en campo. En el análisis de varianza se encontró que hay diferencias muy claras y estadísticamente significativas entre las distintas comunidades y también entre los tratamientos aplicados, ya que ambos tienen un valor de probabilidad (p-valor) de 0.0000, lo cual es menor que el 5 %, el límite usual para considerar algo como significativo. En este análisis se encontró que hay diferencias muy claras y significativas entre las diferentes comunidades y entre los tratamientos aplicados, ya que ambos tienen un valor p de 0.0000, lo que indica una alta significancia estadística. Además, el mes en que se evaluaron los datos también influyó de forma significativa, con un valor p de 0.0141, que está por debajo del 5 % considerado como límite para determinar si un resultado es relevante. El modelo utilizado, que incorpora una covarianza estadística llamada Ante (1), confirma que las comunidades presentan diferencias importantes entre sí.

Todo este análisis se realizó utilizando el software estadístico SAS (Statistical Analysis System), empleando los procedimientos PROC MIXED y PROC GLIMMIX, que son adecuados para la estimación de modelos estadísticos con efectos mixtos, permitiendo un análisis más robusto y preciso de los datos experimentales.

El intercepto (3.9091) es justamente ese punto de partida, la “mortalidad natural” que tendríamos sin aplicar ningún tratamiento. Así, una estimación de los tratamientos con valores más altos indica una mayor mortalidad de insectos, mientras que los valores más bajos reflejan una menor cantidad de muertes. El intercepto actúa como punto de comparación para evaluar si un tratamiento aumenta o reduce la mortalidad. Los tratamientos con valores más altos (fosfina + olotillo ($p4v1 = 3.9089$) y fosfina + capulín ($p4v2 = 3.9090$) reflejan una mayor mortalidad, mientras que aquellos con estimaciones más bajas (testigo + olotillo ($p0v1 = 2.6010$)) indican una reducción significativa en el número de insectos muertos.

En conclusión, al igual que la variable anterior, el alcanfor es el producto que presenta mayor eficacia, mientras que el ajo es uno de los que provoca una menor mortalidad en los gorgojos.

Un estudio realizado por Elos et al (2016), en el cual se hizo uso de ajo en polvo para el control del gorgojo (*Sitophilus zeamais*), menciona que el tratamiento de polvo de ajo fue el que menos muertes de gorgojos ocasionó.

5.3. Condiciones socioeconómicas y productivas de los agricultores de la zona

Tabla 15. Frecuencias de sexo

Sexo	Frecuencias	% del Total	% Acumulado
Femenino	43	84.3%	84.3%
Masculino	8	15.7%	100.0%

Esto indica que la participación masculina fue significativamente menor, lo que sugiere que es más difícil lograr la inclusión de hombres en este tipo de estudios o actividades, la mayoría de participantes son femeninas.

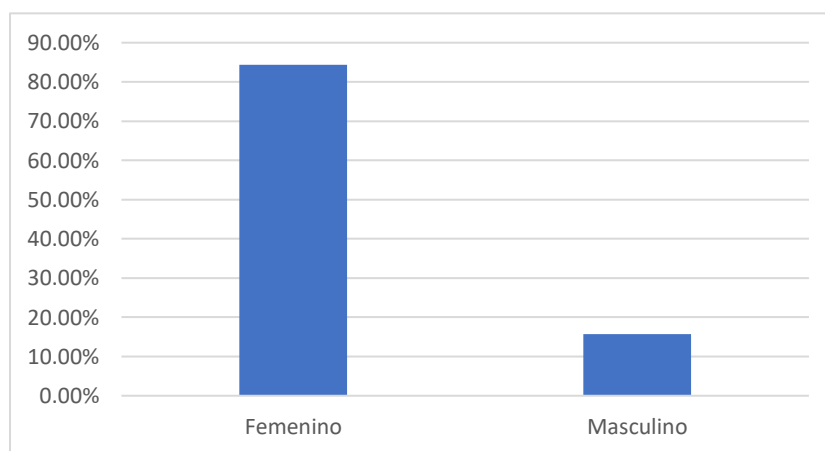


Figura 10. Gráfico que muestra la distribución por sexo de los participantes pertenecientes a las comunidades.

Tabla 16. Miembros de la familia

Miembros de la familia	Frecuencias	% del Total	% Acumulado
1	1	2.0%	2.0%
2	7	13.7%	15.7%
3	5	9.8%	25.5%
4	7	13.7%	39.2%
5	8	15.7%	54.9%
6	12	23.5%	78.4%
7	7	13.7%	92.2%
8	4	7.8%	100.0%

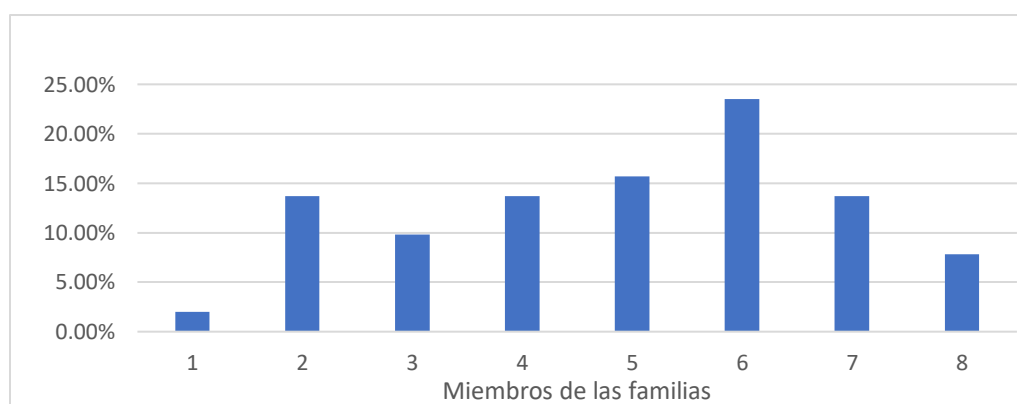


Figura 11. Gráfico que muestra la cantidad de miembros de las familias

Los datos muestran que la mayoría de las familias encuestadas están formadas por un número medio a elevado de miembros, siendo más comunes los hogares con entre 4 y 6 personas. Las familias muy pequeñas o muy grandes son menos frecuentes.

Tabla 17. Frecuencias de la disponibilidad de tierra para el cultivo de maíz

¿Cuánta tierra tiene dedicada exclusivamente a la producción de maíz?	Frecuencias	% del Total	% Acumulado
1 manzana	33	64.7%	64.7%
1/2 manzana	14	27.5%	92.2%
2 manzanas	1	2.0%	94.1%
3 manzanas	2	3.9%	98.0%
4 manzanas	1	2.0%	100.0%

La mayoría de los productores (64.7%) dedica 1 manzana de tierra exclusivamente al cultivo de maíz, mientras que un 27.5% utiliza solo 1/2 manzana. Solo una pequeña proporción de agricultores destina entre 2 y 4 manzanas a este cultivo (menos del 8% en total). Esto indica que la producción de maíz en la zona se realiza mayoritariamente en parcelas pequeñas, reflejando una agricultura de subsistencia o de pequeña escala.

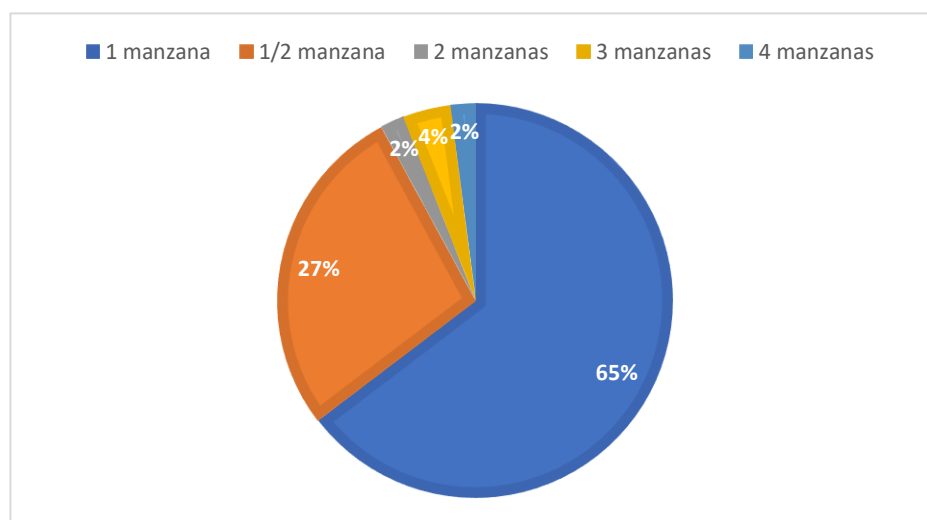


Figura 12. Gráfico referente a la cantidad de tierra destinada para cultivos

Tabla 18. Producción anual de maíz

¿Cuánto maíz produce anualmente (quintales)?	Frecuencias	% del Total	% Acumulado
10 - 15 qq	12	23.5%	23.5%
15 - 20 qq	14	27.5%	51.0%
20 - 30 qq	14	27.5%	78.4%
Menos de 5 qq	11	21.6%	100.0%

La producción anual de maíz entre los encuestados varía, pero la mayoría produce entre 15 y 30 quintales al año, representando un 55% del total. Un grupo considerable (21.6%) produce menos de 5 quintales, lo que indica que una parte significativa de los productores obtiene rendimientos muy bajos. En general, la producción de maíz se concentra en volúmenes moderados, con algunos casos de baja productividad.

Tabla 19. Disponibilidad de semillas

¿Tiene disponibilidad de semillas para la producción de maíz?	Frecuencias	% del Total	% Acumulado
No	1	2.0%	2.0%
Si	50	98.0%	100.0%

Tabla 20. Disponibilidad de fertilizantes

¿Tiene disponibilidad productos fertilizantes para la producción de maíz?	Frecuencias	% del Total	% Acumulado
No	30	58.8%	58.8%
Si	21	41.2%	100.0%

Tabla 21. Disponibilidad de agua

¿Tiene disponibilidad agua para la producción de maíz?	Frecuencias	% del Total	% Acumulado
No	15	29.4%	29.4%
Si	36	70.6%	100.0%

Casi la totalidad de los productores encuestados cuenta con semillas. El acceso a fertilizantes es más limitado, ya que solo el 41.2% dispone de ellos, mientras que el 58.8% no tiene acceso. En cuanto al agua, el 70.6% afirma contar con este recurso para el cultivo, aunque un 29.4% aún enfrenta dificultades. Estos datos muestran que, aunque las semillas están ampliamente disponibles, existen restricciones importantes en el acceso a fertilizantes y agua, lo que podría afectar el rendimiento agrícola.

Tabla 22. Acceso a la tierra

¿De qué manera tiene acceso a la tierra que cultiva?	Frecuencias	% del Total	% Acumulado
Prestada	16	31.4%	31.4%
Propia	17	33.3%	64.7%
Rentada	18	35.3%	100.0%

Una gran parte de los participantes trabaja en tierras que no les pertenecen, por las cuales deben pagar, ya sea con dinero o mediante trabajo. Esta situación ofrece una visión relevante sobre las condiciones en las que se encuentran los productores y los desafíos que enfrentan para poder cultivar.

Tabla 23. Porcentajes de ingresos provenientes de actividades no agrícolas

¿Qué porcentaje de sus ingresos proviene de actividades no agrícolas?	Frecuencias	% del Total	% Acumulado
10%- 30%	16	31.4%	31.4%
31%- 50%	11	21.6%	52.9%
Mas del 50%	9	17.6%	70.6%
Menos del 10%	15	29.4%	100.0%

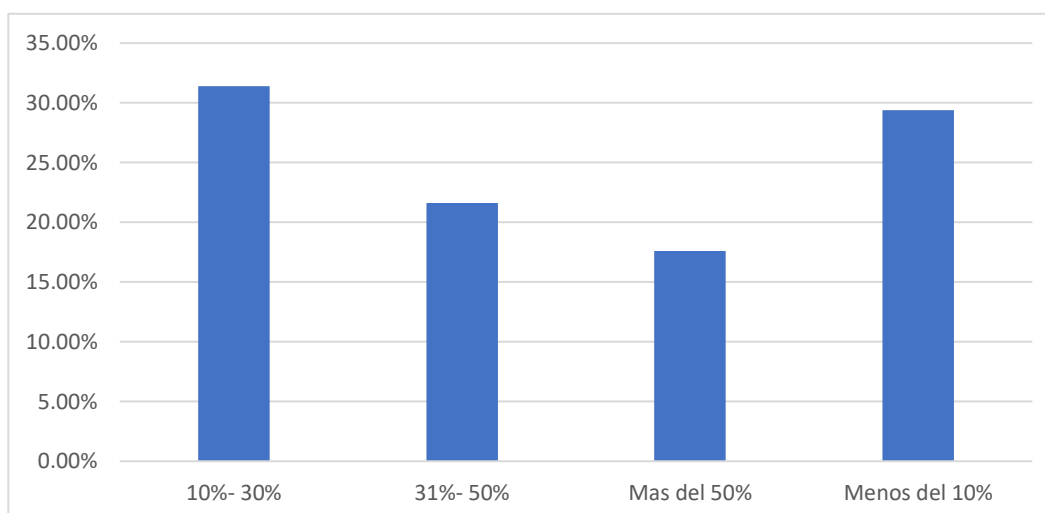


Figura 13. Ingresos económicos a la familia

Algunas de estas familias complementan sus ingresos realizando otras actividades. Algunas se dedican al cultivo y comercialización de otros productos como el frijol, mientras que las mujeres participan en la elaboración de lazos como una forma adicional de sustento.

Tabla 24. Prestamos las comunidades

¿Cuenta con acceso a préstamos o financiamiento a través de instituciones bancarias u otras entidades?	Frecuencias	% del Total	% Acumulado
No	42	82.4%	82.4%
Sí	9	17.6%	100.0%

En este aspecto, son pocas las mujeres que tienen acceso a créditos o préstamos para establecer sus parcelas, por lo que se considera necesario solicitar un mayor respaldo por parte de la organización y las entidades responsables.

Tabla 25. ¿Tiene acceso a almacenamiento adecuado para su producción de maíz?

¿Tiene acceso a almacenamiento adecuado para su producción de maíz?	Frecuencias	% del Total	% Acumulado
No	19	37.3%	37.3%
Sí	32	62.7%	100.0%

El 62.7% de los productores encuestados cuenta con un lugar adecuado para almacenar su producción de maíz, lo que les permite conservar mejor el grano. Sin embargo, el 37.3% no dispone de un espacio adecuado de almacenamiento, algunos lo hacen en bolsas lo que representa una limitación importante que podría afectar la calidad y conservación de su producción. Esto resalta la necesidad de mejorar las condiciones de almacenamiento para una parte significativa de los productores.

5.3.1. Discusión de variable condiciones socioeconómicas y productivas de los agricultores de la zona

Esta variable describe las condiciones sociales y económicas en las que se encuentran las comunidades participantes del estudio. Se observó que la mayoría de los integrantes de los grupos organizados son mujeres, lo cual resalta su rol protagónico en las actividades productivas y comunitarias. En cuanto a la composición familiar, la mayoría de los hogares está conformada por entre 4 y 6 miembros, lo que implica una carga significativa en términos de consumo, producción y necesidades básicas.

Con base en esta estructura familiar, se realizó un análisis socioeconómico y productivo, utilizando el software Jamovi, versión 2.3, lo que permitió identificar información relevante del sector agrícola y familiar.

En el ámbito productivo, se encontró que la mayoría de los productores cultivan una manzana de maíz, con un rendimiento promedio de 10 a 15 quintales por cosecha. Sin embargo, más del 50 %

de los productores no posee tierra propia, lo que representa una limitación seria para su estabilidad y desarrollo agrícola. Esta situación genera una alta dependencia del arrendamiento, que implica costos adicionales y menor seguridad sobre sus medios de producción. Además del cultivo de maíz, muchas familias diversifican sus ingresos a través de actividades complementarias, como la elaboración de lazos, pan casero. No obstante, estas actividades suelen generar ingresos bajos y no siempre estables.

Un problema crítico identificado es la falta de acceso a financiamiento: la mayoría de las comunidades no cuenta con instituciones cercanas que ofrezcan créditos o programas de apoyo productivo. Esta limitación financiera repercute directamente en la capacidad de inversión, tanto en insumos como en infraestructura.

También se evidenció que no todos los productores disponen de materiales adecuados para el almacenamiento del maíz, lo cual pone en riesgo la calidad y conservación del grano. La ausencia de condiciones óptimas de almacenamiento facilita el deterioro del maíz por plagas, humedad o contaminación, lo que disminuye el valor comercial del producto y puede generar pérdidas significativas.

Estas limitaciones estructurales falta de tierra, escaso acceso a financiamiento y deficiencias en el almacenamiento reflejan un entorno de vulnerabilidad económica y productiva, que afecta directamente la seguridad alimentaria y el bienestar de estas comunidades rurales. Estos hallazgos subrayan la necesidad de implementar políticas públicas y programas de apoyo orientados al fortalecimiento de la producción local, el acceso a recursos y la mejora en las condiciones de vida de las familias productoras.

Cabrera (2024), menciona que Honduras produce mucho maíz debido a la fuerte demanda interna del país, siendo este un cultivo necesario en las poblaciones, es utilizado como consumo humano, animal y diversos procesamiento industriales.

5.4.Costo financiero de alternativas de conservación de maíz.

Tabla 26. Presupuesto destinado a unidades de experimentación de 30 libras

N.º	Materiales	Unidad	Precio Total Lps
1	Ajo	30g	6
2	Alcanfor	4 pastillas	16
3	Chile	30 g	15
TOTAL			52
4	Pastilla fosfina	1/4	2.5

Tabla 27. Presupuesto extrapolado a un quintal de maíz (100 libras)

N.º	Materiales	Unidad	Precio Total Lps
1	Ajo	100g	20
2	Alcanfor	13 pastillas	52
3	Chile	30 g	55
TOTAL			127
4	Pastilla fosfina	1/4	2.5

Tabla 28. Presupuesto extrapolado a un silo de maíz (9 quintales)

N.º	Materiales	Unidad	Precio Total Lps
1	Ajo	900g	180
2	Alcanfor	117 pastillas	468
3	Chile	270 g	495
TOTAL			1143
4	Pastilla fosfina	1	10

5.4.1. Discusión de variable costo financiero de alternativas de conservación de maíz

El uso de productos naturales como alternativa para conservar el maíz durante el almacenamiento se ha convertido en una práctica eficaz y sostenible, especialmente en contextos familiares y rurales. Estos productos, como el ajo, chile, alcanfor, ofrecen una forma segura de proteger el grano contra plagas como el gorgojo, sin necesidad de recurrir a insecticidas químicos que pueden dejar residuos tóxicos. Su uso es particularmente adecuado para pequeñas cantidades de maíz almacenadas para el autoconsumo, donde se busca mantener la calidad del grano sin afectar la salud de las personas ni contaminar el ambiente.

Una de las principales ventajas de los productos naturales utilizados para el almacenamiento del maíz es que son de bajo costo y de fácil acceso, ya que en su mayoría se encuentran localmente en las mismas comunidades rurales donde se realiza la producción. Esto permite que los productores puedan obtenerlos sin necesidad de grandes inversiones económicas ni de depender de insumos externos, lo que facilita su uso frecuente y constante. Esta disponibilidad cercana y accesible los convierte en una alternativa práctica y sostenible para quienes buscan proteger su cosecha sin recurrir a productos químicos comerciales.

Rajashekar (2016), en un estudio menciona que el almacenamiento postcosecha eficiente puede contribuir enormemente al desarrollo socioeconómico en los países en desarrollo, Si bien los métodos químicos para el manejo de plagas en productos almacenados son muy eficaces, dejan residuos tóxicos. La sabiduría y los métodos tradicionales/ naturales de almacenamiento pueden proteger los productos de la infestación de insectos durante períodos considerablemente.

VI. CONCLUSIONES

Los tratamientos aplicados tuvieron un impacto significativo en la pérdida de peso con una toma de datos controlada y precisa. Entre los productos evaluados, la fosfina fue la más efectiva, mostrando significativa. Entre los tratamientos naturales, el alcanfor (P2) se posicionó como el más efectivo, seguido por el chile tabasco, destacándose ambos por su capacidad para reducir la actividad del gorgojo.

La pérdida de peso del grano se debe al daño directo ocasionado por los gorgojos, quienes al alimentarse perforan y consumen parte del grano, reduciendo su peso y calidad. Este efecto varía según el tratamiento aplicado, ya que la rapidez y eficacia del control influyen en la extensión del daño.

El tratamiento fosfina resultó ser el más efectivo, luego el alcanfor destacó por su alta eficacia, seguido del chile tabasco y el ajo, mientras que los tratamientos p2v1 y p2v2, es decir, chile tabasco + Olotillo y chile tabasco + Capulín, respectivamente, demostraron ser opciones viables y efectivas para el control de plagas en diferentes comunidades.

Se observó significancia estadística entre comunidades, tratamientos y meses, lo que indica que la mortalidad de gorgojos varió significativamente según estas variables. Cada comunidad presentó diferentes niveles de gorgojos muertos, los cuales dependieron del producto aplicado y del mes de evaluación. Esto sugiere que las condiciones locales y temporales influyeron en la efectividad del control.

Realizar un muestreo continuo del efecto de los productos aplicados permite tener un mejor control del grano almacenado, ya que brinda información sobre el tiempo que tarda cada tratamiento en comenzar a actuar y cuánto tiempo se mantiene su efecto. En el caso del ajo, se observó que es un producto con alta efectividad en el primer tiempo de aplicación; sin embargo, con el paso del tiempo se seca y pierde su acción repelente, lo que reduce su capacidad de protección a largo plazo sobre el maíz almacenado.

Los productores enfrentan serias limitaciones estructurales para desarrollar sus actividades agrícolas, destacando la falta de tenencia propia de la tierra, ya que más del 50 % depende del alquiler o préstamo de terrenos para cultivar. Esta situación se ve agravada por el escaso apoyo económico y financiero en sus comunidades, así como por la limitada disponibilidad de ingresos, lo que compromete la sostenibilidad y el desarrollo del sector agrícola local.

Se puede afirmar que los productores y productoras enfrentan limitaciones significativas en el acceso a fertilizantes y agua, lo que dificulta la producción de maíz fuera de la temporada de invierno. Estos factores afectan directamente su capacidad para mantener una producción constante y mejorar su rendimiento productivo a lo largo del año.

Los productos naturales son una alternativa viable para el control de plagas en pequeñas proporciones de maíz, especialmente en entornos familiares donde se busca una vida más saludable. No obstante, su efectividad disminuye en aplicaciones a mayor escala o en condiciones que requieren cobertura a larga distancia, por lo que su uso se recomienda principalmente en producciones de baja magnitud y de carácter local.

En términos económicos, la fosfina resulta ser la opción más accesible, aunque su naturaleza química puede representar un riesgo para la salud. Los demás tratamientos, aunque implican costos más altos al tener mayores cantidades para su almacenamiento, ofrecen alternativas más seguras. La elección final depende del criterio y prioridades de cada productor.

VII. RECOMENDACIÓN

- Probar en futuras investigaciones distintas dosis de productos con el objetivo de optimizar su efectividad y minimizar posibles efectos adversos y de qué manera los diferentes factores que podrían influir en la dosificación, como las características específicas de los productos.
- Considerar las características de cada comunidad y los recipientes en lo que será almacenado, ya que estas variables afectan cuán efectivos son los tratamientos para eliminar los gorgojos.
- Experimentar con combinaciones de los productos ya utilizados para determinar si, al mezclarlos, logran un efecto más efectivo en el control de plagas.
- Es fundamental profundizar en los factores que afectan estas fluctuaciones, especialmente en Chile + Capulín (p3v2), que mostró variaciones en su rendimiento a lo largo del experimento.
- Considerar en futuras investigaciones la temperatura, ya que podrían haber influido en la estabilidad del producto aplicado, lo que indica que sería necesario hacer ajustes en su manejo para mejorar su consistencia en el control de plagas.
- Probar los productos utilizados en el control de gorgojos en otros granos básicos, como el frijol, para evaluar su efectividad en diferentes cultivos. Esto permitirá conocer si los

tratamientos son igualmente eficaces en otras especies y ayudará a diversificar las opciones disponibles para los productores.

- Estudiar aún más su relación costo-beneficio y la facilidad de aplicación, eso podría fomentar su adopción en comunidades rurales.
- Aunque la fosfina es más accesible económicamente, es importante considerar sus riesgos para la salud. Fomentar el uso de alternativas más seguras y accesibles para los productores, especialmente cuando los costos no son una limitación, podría beneficiar la salud y el bienestar general.

VIII. BIBLIOGRAFIA

Araus, P. (1994). *Caracterización de técnicas de manejo postcosecha y presencia de toxinas en maíz almacenado en sistemas tradicionales y mejorados por pequeños agricultores dos municipios de honduras*. Escuela Agrícola Panamericana.

Ávila, J., Salazar, J., Martínez., & Rivas, F. (2013). *El Cultivo del Maíz Generalidades y Sistemas de Producción Noroeste*. Universidad De Sonora.

Bakieva, M., González Such, J. & Jornet, J. (2012). SPSS: ANOVA de un Factor. Grupo de Innovación educativa Universitat de Valencia.

Bastiani, J., (2008). *El maíz símbolo de identidad cultural en los Ch'oles. Una aproximación pedagógica*. Ra Ximhai.

Burgos, E. (2018). PREINFORME DEL CICLO DE VIDA DE UN GORGOJO. Universidad Nacional de Aprendizaje.

Cabrera, E. (2024). Honduras aumenta producción de granos. Cambiagro.

Cruz, O. (2017). *Manual para la producción del cultivo del maíz en Honduras*. Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria.

Dewan, S., Ameen, A., & Khan, S. (2020). *Application of camphor in maize storage and pest control*. Journal of Agricultural Science.

Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria. (2013). *Almacenamiento de granos*.

Elos et al. (2016). *Bioinsecticidas para el control de plagas de almacén y su relación con la calidad fisiológica de la semilla*. Revista Mexicana de ciencias agrícolas.

EUREPGAP. (2005). *Criterios de Cumplimiento Aseguramiento Integrado de Fincas*.

Field, A. (2013). *Discovering Statistics Using IBM SPSS Statistics*. Sage Publications.
Fundación Institut Cerdà.(2021). *Aportación social, económica y ambiental del sector obtentor al cultivo, distribución y consumo del maíz*.

- García Leños, MD, Aguirre Gómez, JA, Narro Sánchez, J., Cortés Baheza, E., & Rivera Reyes, JG (2007). *Silo hermético para el control de plagas de granos almacenados en Guanajuato, México*. Agricultura Técnica en México.
- García,S.,Espinosa,C .,& Bergvinson,D. (2007). *Manual de plagas en granos almacenados y tecnologías alternas para su manejo y control*. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo.
- González, A., Pérez, J., & Sánchez, M. (2019). *Efecto del orégano en la conservación de maíz durante el almacenamiento*. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas.
- Gonzalo, S., Lagunes A., Rodríguez, C., Rodríguez L. (2003). Escala para estimar el daño de insectos en el maíz almacenado. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica)
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. (2006). *Calidad del grano de maíz*.
- Karthikeyan et al. (2009). *Traditional methods of food grains preservation and storage in Nigeria and India*. Annals of Agricultural Sciences
- López, G., Huato, D., Gaxiola, A., Espinosa, M & Sanchez, P. (2018). *Maíz (Zea mays L) y Seguridad Alimentaria en el Municipio de Calpan, Puebla-México*. Agroproductividad.
- Mendez,E.(2019). *Efecto de dos sistemas de preacondicionamiento en la calidad física y fisiológica de la semilla de maíz*.Biblioteca Digital Zamorano.
- Mendoza. (2017). *El cultivo del maíz en el mundo y en Perú*. Universidad Le Cordon Bleu.
- Montgomery, D. C. (2017). *Design and Analysis of Experiments* (8th ed.). Wiley.
- Orlando, C. (2016). *Manual de Sistemas Cuarentenarios para Plagas Agrícolas*. Universidad Nacional de Guaceman
- Pérez, L., Martínez, J., & López, R. (2022). *Uso de tierra de diatomeas para el control de plagas en el almacenamiento de maíz*. Revista de Ciencias Agrícolas.
- Plata, M. (2022). *Evaluación de Germoplasma de Maíz Amarillo En El Valle De El Zamorano, Honduras*. Escuela Agrícola Panamericana.
- Porres, V., Cuxil, D. (2024). *Conservación de semillas de maíz: Almacenamiento y beneficios*. Cambiagro.

Potrie, G. (2018). *FOSFURO DE ALUMINIO TAFIREL HOJA DE SEGURIDAD*. Tarifel

Ramírez, L. (2024). *El maíz, un cultivo clave para la seguridad alimentaria en el mundo*. Acosemillas.

Red SICTA. (s.f). *Guia para el almacenamiento hermetico de semillas y granos*. IICA

Rodríguez, L., Martínez, A., & Gómez, F. (2021). *Uso del chile como conservante natural en el almacenamiento de maíz*. Revista de Tecnología Agropecuaria.

Saavedra, G. (2015). *Clasificación Botánica, Germinación y Desarrollo*. Biblioteca Digital INIA.

Sánchez, I. (2014). *Maíz I (Zea mays)*. Universidad Complutense de Madrid.

Secretaria De Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación. (2007). *Almacenamiento y conservación de granos y semillas*.

Secretaria del despacho de la presidencia. (2013). *Comportamiento de las importaciones del maíz. República de Honduras*.

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*. Unidad de Entomología, Programa Global de Maíz, Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo Int.

Universidad Autónoma de México. (s.f). *Maíz (Zea mays)*.

Urango, L. (2018). *Componentes del maíz en la nutrición humana*. Revistas UdeA.

Valladares, C. (2010). *EL CULTIVO DEL MAIZ, Guía para uso de empresas privadas, consultores individuales y productores*. curlacavunah.

Zambrano, L., Velásquez, J., Peñaherrera, D., Sangoquiza, C., Cartagena, y., Villacrés, E., Garcés, S., Ortiz, R., León, J., Campaña, D., López, V., Asaquibay, C., Nieto, M., Sanmartín G., Pintado, P., Yáñez, C., Racines, M. (2021). *Guía para la producción sustentable de maíz en la Sierra ecuatoriana*. INIAP, Manual No. 122. Quito, Ecuador.

Zimmerman, D. W. (2011). "A note on the influence of outliers on the ANOVA F-test." *Psychological Methods*, 16(3), 307-317

Gonzalo, S., Lagunes A., Rodríguez, C., Rodríguez L. (2003). Escala para estimar el daño de insectos en el maíz almacenado. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica)

IX. ANEXOS

Anexo 1. ANOVA para pérdida de peso en los tratamientos

FV	gl	SC	CM	F- Value	P-Value
Comunidades	3	462.175	154.058	19.50	0.000***
Productos	4	116.400	29.100	3.68	0.016*
Variedad	1	7.264	7.264	0.92	0.346 ns
Productos*Variedad	4	17.330	4.333	0.55	0.702 ns
Error	27	213.287	7.900		
Total	39	816.455			
CV	3.043				

Anexo 2. Estadísticos de ajuste

Estadísticos de ajuste	ANTE(1)	AR(1)	ARMA(1,1)	SIMPLE
Verosimilitud -2 Log	810.77	815.95	816.36	818.31
AIC	880.77	881.95	884.36	882.31
AICC	910.77	908.04	912.36	906.59
BIC	859.29	861.70	863.50	862.67
CAIC	894.29	894.70	897.50	894.67
HQIC	833.63	837.51	838.57	839.22
Chi-cuadrado de Pearson	106.01			
Chi-cuadrado de Pearson / DF	0.88			

Anexo 3. Intercepto de los tratamientos

Efecto	Tratamiento	Estimación	ES	DF	t valor	Pr > t
Intercept		3.9091	0.08125	3	48.11	<.0001
Tratamiento	p0v1	-0.9810	0.1354	87	-7.25	<.0001
Tratamiento	p0v2	-0.9291	0.1329	87	-6.99	<.0001
Tratamiento	p1v1	-0.7659	0.1255	87	-6.10	<.0001
Tratamiento	p1v2	-0.5028	0.1152	87	-4.37	<.0001
Tratamiento	p2v1	-0.2172	0.1059	87	-2.05	0.0433
Tratamiento	p2v2	-0.1338	0.1035	87	-1.29	0.1996

Tratamiento	p3v1	-0.3569	0.1102	87	-3.24	0.0017
Tratamiento	p3v2	-0.2423	0.1066	87	-2.27	0.0255
Tratamiento	p4v1	-0.00022	0.10000	87	-0.00	0.9983
Tratamiento	p4v2	0	.	.	.	.

Anexo 4. Intercepto de los tratamientos

Tratamiento	Estimación	ES	DF	t valor	Pr > t	Alfa	Inferior	Superior
p0v1	2.6010	0.08965	87	29.01	<.0001	0.05	2.4228	2.7792
p0v2	3.0231	0.07529	87	40.15	<.0001	0.05	2.8735	3.1728
p1v1	3.2621	0.06930	87	47.07	<.0001	0.05	3.1244	3.3999
p1v2	3.3819	0.06658	87	50.80	<.0001	0.05	3.2496	3.5142
p2v1	3.4874	0.06457	87	54.01	<.0001	0.05	3.3590	3.6157
p2v2	3.6476	0.06145	87	59.36	<.0001	0.05	3.5255	3.7697
p3v1	3.5590	0.06300	87	56.50	<.0001	0.05	3.4338	3.6843
p3v2	3.5778	0.06274	87	57.03	<.0001	0.05	3.4531	3.7025
p4v1	3.9089	0.05718	87	68.36	<.0001	0.05	3.7952	4.0225
p4v2	3.9090	0.05718	87	68.36	<.0001	0.05	3.7954	4.0227

Anexo 5. Media de los tratamientos y estadísticos generales

Tratamiento	Media	Varianza	Desv. est	Error Std	Mín	Máx	CLI	CLS
p0v1	14.0833333	68.9924242	8.3061678	2.3977841	5.0000000	30.0000000	8.8058461	19.3608206
p0v2	20.7500000	43.4772727	6.5937298	1.9034458	7.0000000	33.0000000	16.5605440	24.9394560
p1v1	26.3333333	56.6060606	7.5236999	2.1719051	8.0000000	39.0000000	21.5530025	31.1136642
p1v2	29.5833333	132.0833333	11.4927513	3.3176715	2.0000000	45.0000000	22.2811875	36.8854792
p2v1	33.1666667	96.6969697	9.8334617	2.8386759	12.0000000	46.0000000	26.9187832	39.4145502
p2v2	38.6666667	53.8787879	7.3402172	2.1189382	25.0000000	48.0000000	34.0029152	43.3304181
p3v1	35.2500000	28.2045455	5.3107952	1.5330945	27.0000000	43.0000000	31.8756817	38.6243183
p3v2	36.0833333	46.8106061	6.8418277	1.9750655	18.0000000	42.0000000	31.7362434	40.4304232
p4v1	50.0000000	0	0	0	50.0000000	50.0000000	.	.
p4v2	50.0000000	0	0	0	50.0000000	50.0000000	.	.

Anexo 6. Media de los meses

Mes	Media	Varianza	Desv. est	Error Std	Mínimo	Máximo	CLI	CLS
1	33.4750000	144.2557692	12.0106523	1.8990509	6.0000000	50.0000000	29.6338070	37.3161930
2	31.6750000	177.2506410	13.3135510	2.1050572	5.0000000	50.0000000	27.4171198	35.9328802
3	35.0250000	186.5891026	13.6597622	2.1597980	2.0000000	50.0000000	30.6563961	39.3936039

Anexo 7. Materiales e insumos a utilizar



Anexo 8. Determinación de humedad



Anexo 9. Medidas de bioseguridad



Anexo 10. Mediciones de peso



Anexo 11. Establecimiento de UE



Anexo 12. Muestreo de numero de gorgojos muertos



Anexo 13. Muestreo del maíz

