

CRIA Oriente

Cadena Maíz

**PRODUCTOS ALTERNATIVOS PARA EL CONTROL DEL GORGOJO DEL MAÍZ
(*Sitophilus zeamais* M) EN GRANOS ALMACENADOS, EN 3 LOCALIDADES DEL
MUNICIPIO DE CHIQUIMULA.**

Servio Darío Villela Morataya

Reynelio Donel Villela Jiménez

Chiquimula, septiembre de 2018

“Este proyecto fue ejecutado gracias al apoyo financiero del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, por sus siglas en inglés). El contenido de esta publicación es responsabilidad de su(s) autor(es) y de la institución(es) a las que pertenecen. La mención de empresas o productos comerciales no implica la aprobación o preferencia sobre otros de naturaleza similar que no se mencionan”.

CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO	7
1. INTRODUCCIÓN	9
2. JUSTIFICACIÓN	10
3. MARCO TEÓRICO.	11
3.1. Importancia del almacenamiento de granos:	11
3.2. Post-cosecha y almacenamiento:	11
3.3. Plagas en el almacenamiento del maíz	13
3.3.1. Tipos de daño del Gorgojo del maíz almacenado	14
3.4. Controles alternativos para el control de plagas en postcosecha	14
3.4.1. Cal hidratada o hidróxido de calcio	14
3.4.2. Ceniza	14
3.4.3. Eucalipto (<i>Eucaliptus</i> sp.)	15
3.4.4. Nim (<i>Asadirachta indica</i>)	15
3.4.5. Fosfamina	16
3.4.6. Tierra diatomea	16
4. OBJETIVOS	17
4.1. Objetivo General	17
4.2. Objetivos Específicos	17
5. HIPÓTESIS	17
6. METODOLOGÍA:	18
6.1. Localidad y época (s):	18
6.2. Diseño experimental:	19
6.3. Tratamientos:	19
6.4. Tamaño de la unidad experimental	20
6.5. Modelo estadístico	20
6.6. Tamaño de la parcela neta	21
6.7. Análisis de la información	25
7. RESULTADOS	26
7.1. Determinación del porcentaje de daño y pérdida	26
7.1.1. Porcentaje de daño	26

7.1.2. Porcentaje de pérdida	39
7.2. Características físicas del grano	51
7.2.1. Granos dañados:	52
7.2.2. Grano dañado al inicio.	52
7.2.3. Grano dañado al final	53
7.3. Estado de aceptación organoléptica	54
7.4. Relación beneficio/costo	56
8. DISCUSIÓN	57
9. CONCLUSIONES	65
10. RECOMENDACIONES	66
11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67
12. ANEXOS	71

Acrónimos

CRIA	Consortios Regionales de Investigación Agropecuaria
IICA	Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura
USDA	Departamento de Agricultura de los Estados Unidos
ICTA	Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola
MAGA	Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación
USAC	Universidad San Carlos de Guatemala
CUNORI	Centro Universitario de Oriente
CUNZAC	Centro Universitario de Zacapa

PRODUCTOS ALTERNATIVOS PARA EL CONTROL DEL GORGOJO DEL MAÍZ (*Sitophilus zeamais* M) EN GRANOS ALMACENADOS, EN 3 LOCALIDADES DEL MUNICIPIO DE CHIQUIMULA.

Ing. Agr. Servio Darío Villela Morataya 1
T. P. A. Reynelio Donel Villela 2

RESUMEN EJECUTIVO

Como todo cultivo, el maíz se ve afectado por problemas de plagas que se presentan en todo su ciclo fenológico influyendo en la disminución de su productividad y las de post cosecha, causadas principalmente por la infestación del gorgojo del maíz (*Sitophilus zeamais* M.) que es el más común y el de mayor importancia económica en el departamento de Chiquimula; que por su modo de acción, provoca la pérdida en cantidad y calidad del producto y un ambiente propicio para la proliferación de aflatoxinas derivadas de granos con inóculo del hongo aspergillus.

Para el control de dicha plaga, los pequeños productores utilizan el método químico aplicando pastillas de Fosfuro de aluminio (fosfamina) aunque en la actualidad, según el informe diagnóstico de la Red Nacional de Grupo de Gestores este producto está provocando cambios organolépticos del grano y tortillas en el olor y sabor no agradables para los comensales.

Con base a la problemática encontrada se realizó la evaluación de Productos alternativos para el control del gorgojo del maíz en granos almacenados, en 3 localidades del municipio de Chiquimula. La investigación se llevó a cabo en la Ciudad de Chiquimula, Aldea El Pinalito y Aldea El Barreal del municipio de Chiquimula. La principales variables evaluadas fueron las siguientes: determinación del porcentaje de daño y pérdida, determinación de las características físicas del grano, aceptación organoléptica y relación beneficio-costos de cada uno de los tratamientos.

¹ Investigador Principal de CUNORI

² Investigador Auxiliar de CUNORI

Para el experimento se utilizó un diseño de bloques completos al azar, conteniendo 7 tratamientos y 3 repeticiones, establecidos en cada localidad. Las unidades experimentales estuvieron conformadas por silos de metal con capacidad de 100 libras, el área experimental total por localidad fue de 21 silos metálicos. Las dimensiones de la unidad experimental fue de 3.4 metros de largo y 3.1 metros de ancho.

Entre los resultados obtenidos en la variable porcentaje de daño y pérdida, el T5 durante los primeros cuatro meses de almacenamiento mostró mejor resultado, mientras que a 5 y 6 meses de almacenamiento se encontró que los tratamientos T1 y T5 fueron los más eficaces para el control del *Sitophilus zeamays*. Con relación a la calidad física del grano, se observaron daños por insectos, calor y hongos. El daño por hongos se vio principalmente en Chiquimula y Pinalito, causada principalmente por los niveles de humedad del grano superiores al 13%, a la temperatura y humedad relativa. Además en Chiquimula se presentó daño por calor debido a las altas temperaturas registradas. Al realizar el sondeo organoléptico se determinó que el uso de ciertos productos cambia la percepción en cuanto a las cualidades del grano y tortilla evaluadas, siendo los tratamientos de neem (T4) y tierra diatomea (T6) los que presentaron menor aceptación, al presentar sabor y aroma distinto al resto. Por último, se determinó que el T5 fue el que presentó mejor beneficio/costo y de más fácil aplicación, seguido por el T1, mientras que los tratamientos T3 y T4 no presentaron beneficios económicos debido principalmente a las pérdidas ocasionadas por el gorgojo y lo costoso de su elaboración.

1. INTRODUCCIÓN

Los productores de maíz de los departamentos de Zacapa y Chiquimula como parte del manejo del cultivo luego de la cosecha proceden al almacenamiento del grano en silos para el control de plagas especialmente el gorgojo del maíz (*Sitophilus zeamais* M.).

El cultivo de maíz es la principal fuente de carbohidratos en la dieta alimenticia de las familias. Luego de los talleres realizados por la cadena del maíz del Consorcio Regional de Investigación Agropecuaria –CRIA- oriente, sobre la identificación de los problemas y líneas de investigación, se identificó que el fosforo de aluminio al ser utilizado para el control de plagas en el almacenamiento provoca un cambio negativo en las propiedades organolépticas al momento de ser consumido, siendo esta una de las principales limitantes en el eslabón de postcosecha.

En años anteriores se ha realizado evaluaciones de otras alternativas para el control de plagas en el almacenamiento del grano de maíz donde se evaluaron productos alternativos como el extracto de Neem (*Asadirachta indica*), hojas seca de eucalipto (*Eucaliptus camaldulensis*), hojas de secas de timboque (*Tecoma stans*) mostrando porcentajes de pérdida de 0.44%, 1.20% y 1.23% respectivamente (Medrano, 2000).

Por tanto, se pretende realizar un estudio para evaluar el efecto de: cal hidratada, ceniza, extracto de neem, hojas secas de eucalipto y tierra diatomea, como métodos alternativos al fosforo de aluminio para el control de plagas en el almacenamiento de grano de maíz considerando que estas alternativas no provoquen cambios en las propiedades organolépticas del maíz.

El objetivo principal de esta investigación, es determinar la eficacia de los productos alternativos para el control del gorgojo del maíz (*Sitophilus zeamais* M), en granos almacenados y que no produzcan cambio en las propiedades organolépticas, y de esta forma se solvente la problemática detectada del productor de la región.

La metodología que se utilizará para evaluar los productos alternativas, consistirá en el establecimiento de 63 quintales de maíz colocados en silos metálicos de 100 libras en cada localidad, la evaluación consistirá en el establecimiento de un ensayo con los

1. Investigador Principal de CUNORI
2. Investigador Auxiliar de CUNORI

productos alternativos en estudio, bajo el diseño de bloques completos al azar, en las que se cuantificarán las variables de porcentaje de daño y pérdida causada por gorgojo del maíz, viabilidad del grano de maíz, aceptación a través del sondeo organoléptico y la relación beneficio costo como indicador financiero.

El ensayo se establecerá en el mes abril, en 3 localidades del municipio de Chiquimula, departamento Chiquimula.

2. JUSTIFICACIÓN

El maíz, es el grano básico que ocupa la mayor superficie sembrada y el mayor volumen en cuanto a producción en Guatemala y la preservación y conservación de las cosechas representan hoy en día una cuestión vital porque toda la reserva que se destina a la alimentación del agricultor y su familia debe ser cuidadosamente beneficiada y conservada durante el almacenamiento para que no se altere su valor nutritivo.

Por consiguiente en Guatemala, el almacenamiento de granos es una práctica común que realizan los agricultores para guardar y preservar la producción, utilizando productos químicos para evitar la infestación de plagas que pueden dañar directamente el producto.

Según Medrano (2000) una de las plagas de mayor importancia económica que afecta el grano almacenado es el gorgojo del maíz (*Sitophilus zeamais* M.) pues si no se controla puede ocasionar pérdidas de hasta del 15% en post cosecha a nivel nacional.

Para realizar el control de esta plaga los agricultores utilizan el control químico utilizando pastillas de Fosfamina o Sulfuro de aluminio (Fostoxin) la cual elimina toda la población de insectos presentes en la masa de maíz almacenada evitando el deterioro del grano así como el posible incremento en la densidad de aflatoxinas cancerígenas que son producto de la interacción del gorgojo-maíz-aspergillus pero según un estudio reciente de diagnóstico realizado por la Red Nacional de Grupo de Gestores se describe la inconformidad de los productores porque hay cambios en las condiciones organolépticas

del grano en cuanto a olor y de las tortillas presentan cambio en olor y sabor no agradables.

3. MARCO TEÓRICO.

3.1. Importancia del almacenamiento de granos:

El alimento es un factor limitante para la nutrición de todos los seres vivos y la lucha constante para obtenerlo, es una característica biológica de estos organismos. El hombre ha tenido que hacer frente desde tiempo inmemorial, a la competencia con los demás seres vivos por el aprovechamiento de aquellos productos alimenticios que les interesan mutuamente, para la conservación de su vida (Gómez, 1995).

Los granos y sus productos, constituyen una fuente de nutrición para el hombre y para muchos otros organismos y su disponibilidad en un momento dado, significa la satisfacción de una necesidad esencial para el que pueda aprovecharlos primero (Gómez, 1995).

La conservación de los granos alimenticios ha sido, es y será, motivo de preocupación del a su significado en la dieta humana y por la necesidad de resguardarlos contra el peligro que significa su aprovechamiento por sus demás competidores (Gómez, 1995).

3.2. Post-cosecha y almacenamiento:

Gómez (1995), indica que la post-cosecha se inicia en el punto en el cual el grano separado del tallo o de las raíces de la planta es amontonado para el secamiento en el campo, o colocado en un recipiente cual es movido y/o depositado. Sin embargo, también puede considerarse que lo postcosecha inicia más tempranamente, incluyendo el tiempo durante el cual la cosecha ya madura en el campo como una forma de almacenamiento o de secamiento (Gómez, 1995).

Las construcciones adecuadas para el almacenamiento, así como el control de insectos que atacan el grano almacenado son prácticas deseables y necesarias para que el productor tenga asegurada su cosecha.

Un mal almacenamiento del grano y un mal secado de acuerdo a los parámetros de humedad provoca pérdida de peso, calidad, capacidad alimentaria y consecuentemente reducción de ingresos. Estas razones son reales por lo que hay necesidad de familiarizarse con el secado y almacenamiento del grano, especialmente cuando se trata de pequeños productores que producen para subsistencia y para ello es necesario tomar en cuenta los siguientes factores:

- a. **Contenido de humedad:** Para un buen almacenamiento el grano debe ser entre 12 y 14 por ciento de humedad, con una temperatura de 25°C y 30°C y con una humedad relativa de 70 por ciento llegando a un punto de equilibrio para establecer un buen almacenamiento.

- b. **Temperatura:** En un clima muy frío los insectos y hongos crecen despacio o no crecen del todo y las semillas no respiran. En lugares cálidos el grano entra caliente al almacén y a medida que la temperatura exterior aumenta la temperatura del grano almacenado se incrementa. Cuando la temperatura del grano aumenta, ciertos fenómenos comienzan a suceder:
 - ✓ Los insectos inician la reproducción.
 - ✓ Los hongos comienzan a germinar y a multiplicarse.
 - ✓ Los hongos, Insectos y semillas respiran más rápido, causando un incremento en la temperatura y en la humedad del grano almacenado, debido a la transpiración.

- c. **Tipos de almacenamiento:** Los más comunes son troja tradicional, troja mejorada con patas y silo metálico o granero metálico. 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 arreglos necesarios, como limpieza y revisión de la estructura, etc., el componente cilíndrico tiene en su parte inferior una salida con tapadera que sirve para sacar granos y/o vaciar el silo.

3.3. Plagas en el almacenamiento del maíz

Las características de los sistemas de silo hacen que se desarrollen distintos tipos de plagas. En los silos convencionales tienen mayor incidencia los insectos, ácaros y los microorganismos aerobios, y en los silos bolsa quienes tienen mayor importancia son los roedores y los microorganismos anaeróbicos.

Con respecto a los insectos plaga podemos diferenciarlos por el tipo de infestación en:

- ✓ **De infestación primaria:** Estos pueden atacar al grano sano y producir la primera infestación. Al completar su ciclo dejan el grano picado. Entre los insectos de infestación primaria encontramos a los gorgojos (*Sitophilus spp.* y *Acantoscelides obtectus* Say), palomita de los cereales (*Sitotroga cerealella* Oliv.) y taladrillo de los cereales (*Ryzopertha dominica* F.).

- ✓ **De infestación secundaria:** No pueden penetrar por la estructura de protección del grano. Atacan granos atacados por insectos de infestación primaria, rotos, productos, subproductos de la molienda y procesados. Dentro de esta categoría podemos citar: Carcoma dentada (*Oryzaephilus surinamensis* L.), carcoma achatada (*Cryptolestes pusillus* y *Cryptolestes ferrugineus* steph.), tribolio castaño (*Tribolium castaneum* herbs.), polilla de la harina (*Anagasta kuehniella* zell.) y polilla de la fruta fresca (*Plodia interpunctella* Hbn.), etc.

3.3.1. Tipos de daño del Gorgojo del maíz almacenado

- ✓ **Daños directos:** Consumo y contaminación.
- ✓ **Daños indirectos:** Calentamiento y migración de humedad, el alimento básico de los insectos es el almidón, éste y otros componentes del grano se metabolizan liberando calor y humedad, pudiendo generar intensos focos de calor, esta diferencia de temperatura en la masa de granos conlleva movimientos de aire que termina con incrementos de humedad en las zonas más frías. Otros daños son transmisión de enfermedades, distribución de hongos y otros microorganismos incremento en los costos de almacenamiento (por el uso de insecticidas) y distribución de micotoxinas.

3.4. Controles alternativos para el control de plagas en postcosecha

3.4.1. Cal hidratada o hidróxido de calcio

Es un producto que se obtiene de la calcinación de la roca caliza que reacciona con el agua, fenómeno que se conoce como hidratación o apagado de la cal viva (CaO).

En pruebas de laboratorio y campo se ha demostrado que evitan el libre movimiento de los insectos, ya que las sustancias se adhieren a su cutícula, causándoles serios daños y en algunos casos la muerte.

3.4.2. Ceniza

La ceniza es el producto de la combustión de algún material, compuesto por sustancias inorgánicas no combustibles, como sales minerales. Parte queda como residuo en forma de polvo depositado en el lugar donde se ha quemado el combustible (madera, basura, etc.) y parte puede ser expulsada al aire como parte del humo.

La ceniza utilizada en granos almacenados llena los espacios entre las semillas almacenadas, esto impide que los gorgojos que emergen no encuentren sus pares o bien estén forzados a ovipositar en escasos granos.

Así se evita el desarrollo explosivo de una población de plagas y así mismo se restringe la pérdida del material almacenado. El modo de acción de este productos es la deshidratación de los insectos, los espacios libres son rellenos por la ceniza obtaculizando el movimiento del mismo, tiene efecto anti-ovipositor, inhibe el desarrollo de pocos huevos por deshidratación que causa los mismos, reduce el contenido de humedad de los insectos y de los granos (Morales, 1999).

3.4.3. Eucalipto (*Eucaliptus sp.*)

Es un árbol robusto y de gran tamaño que comúnmente puede llegar a medir 40 m. de altura. Su corteza se desprende en largas tiras dejando expuesto el tronco grisáceo. Las hojas son muy aromáticas y pueden ser de dos tipos: las de las ramas nuevas son anchas, acorazonadas, de color gris-azulado y están cubiertas por un fino polvillo; las de las ramas maduras son angostas, alargadas y de color verde oscuro. Son ampliamente conocidas sus propiedades medicinales principalmente en lo que se refiere a su potencial para tratar diversas afecciones respiratorias.

Según la Asociación el bálsamo, las hojas de eucalipto pueden reducir hasta en un 25% la presencia de los gorgojos.

Materiales a utilizar: 2 libras (920 gr) de hojas molidas de Eucalipto por cada 100 libras de granos de maíz o frijol.

Procedimiento:

- ✓ Dejar secar las hojas de eucalipto de 5 a 8 días
- ✓ Moler las hojas secas de eucalipto
- ✓ Mezclarla con los granos a proteger.

3.4.4. Nim (*Asadirachta indica*)

Árbol de rápido crecimiento que puede alcanzar 15 a 20 metros de altura y raramente 35 a 40 m. Tiene abundante follaje todas las temporadas del año, pero en condiciones severas se deshoja, incluso casi completamente. El ramaje es amplio, y puede alcanzar de 15 a 20 m de diámetro ya desarrollado.

Las hojas del árbol Nim, pueden reducir hasta en un 25% la presencia del gorgojo.

3.4.5. Fosfamina

Los sinónimos de la fosfamina son: fosfina, fósforo de hidrógeno e hidrógeno fosforado. Sus nombres comerciales incluyen Phostoxin, Gastón, Detia, Gas XT, Fumitoxín y otros. Su facilidad de manejo y efectividad la ha convertido en el fumigante más importante del mundo.

Su formulación es sólida y generalmente se concentra en pastillas de 3 gms. Usualmente, las latas contienen 168 pastillas o 6 tubos de 28 pastillas. Es indispensable que estos recipientes con pastillas permanezcan bien cerrados cuando no se usan. En el mercado Centroamericano actualmente se venden recipientes los cuales contienen 3 pastillas de 3 gms, que se usan para la fumigación en almacenes de una capacidad de 30 qq o menores.

3.4.6. Tierra diatomea

La tierra de diatomeas es en sí misma un insecticida natural. Estas minúsculas partículas-huecas y con carga eléctrica negativa-perforan los cuerpos queratinizados de los insectos de sangre fría, los cuales mueren por deshidratación. La diatomea está constituida de dióxido de silicio de restos fosilizados de algas diatomeas de agua dulce y salada (Cook y Armitagge, 2000). El silicio constituye cerca del 70 al 90% del total de los compuestos presentes en la diatomea, el resto son cantidades pequeñas de minerales como calcio, fosforo, azufre, níquel, zinc, manganeso, aluminio, hierro, magnesio, sodio y cal (Korunic, 1998; Fields y Korunic, 2000).

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo General

Determinar la eficacia de los productos alternativos para el control del gorgojo del maíz (*Sitophilus zeamais* M), en granos almacenados; en tres comunidades del corredor seco.

4.2. Objetivos Específicos

- a. Determinar el efecto de los tratamientos en el porcentaje de daño y pérdida causado por el gorgojo en maíz almacenado, por kilogramo de peso.
- b. Determinar el efecto producido por los diferentes tratamientos en las características físicas del grano de maíz.
- c. Establecer el estado de aceptación a través del sondeo organoléptico para la percepción gustativa de tortillas hechas de grano de maíz con los diferentes tratamientos a evaluar.
- d. Determinar el tratamiento con la mejor tasa de retorno marginal con la finalidad de establecer cual presenta mayor beneficio económico para el productor.

5. HIPÓTESIS

Los productos alternativos y el fosforo de aluminio, tienen el mismo efecto en el control del gorgojo del maíz en granos almacenados.

Los productos alternativos y el fosforo de aluminio tienen el mismo efecto en las características físicas del grano de maíz.

Los productos alternativos y el fosforo de aluminio tienen el mismo efecto en la percepción gustativa de tortillas hechas de grano de maíz.

Las localidades no tienen ninguna influencia sobre la eficacia de los tratamientos.

6. METODOLOGÍA:

6.1. Localidad y época (s):

La investigación se realizó en 3 localidades del municipio de Chiquimula localizadas en el sistema coordinado geográfico WGS1984. La primera localidad ubicada en la ciudad de Chiquimula con una altitud de 500 msnm, latitud Norte de $14^{\circ}47'00''$ y longitud Oeste de $89^{\circ}33'00''$. La segunda localidad ubicada en la aldea de El Pinalito con una altitud de 974 msnm, latitud Norte de $14^{\circ}51'00''$ y longitud Oeste de $89^{\circ}34'48''$, la comunidad se encuentra a 10 kilómetros de la ciudad de Chiquimula. La tercera localidad ubicada en la aldea El Barreal con una altitud de 1447 msnm, latitud Norte de $14^{\circ}47'00''$ y longitud Oeste de $89^{\circ}40'12''$, la comunidad se encuentra a 31 kilómetros de la ciudad de Chiquimula.

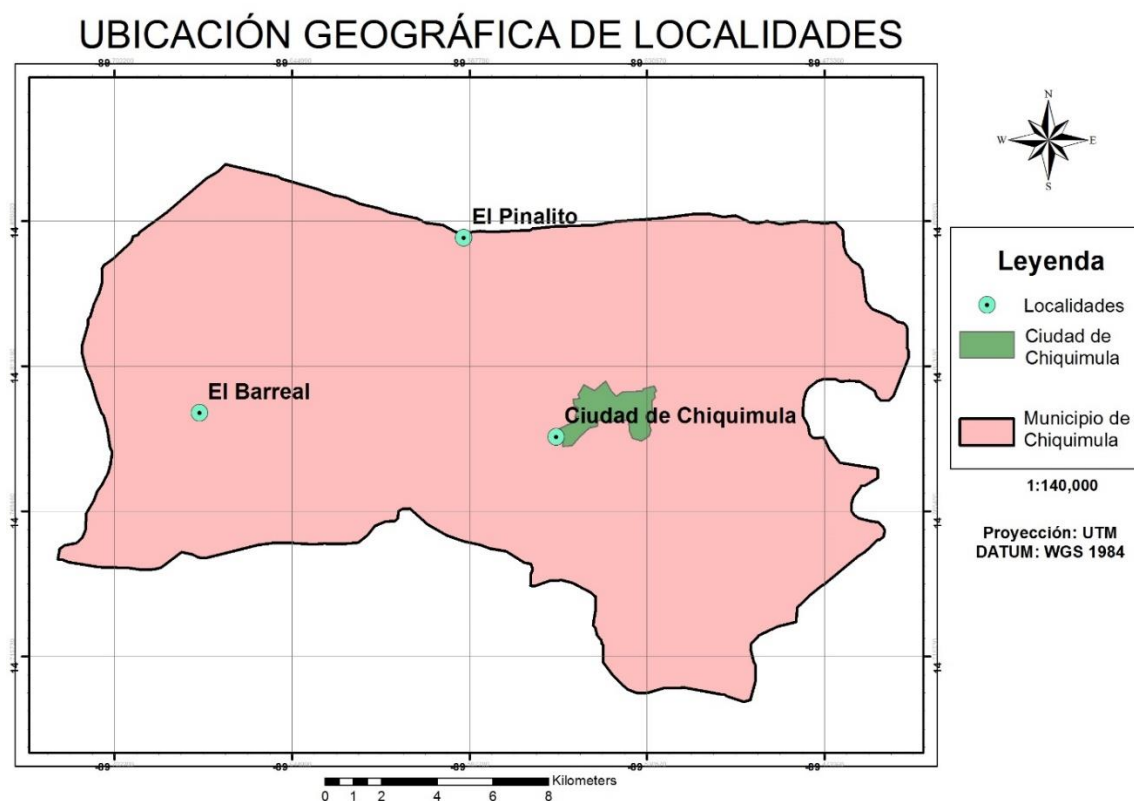


Figura 1: Ubicación de 3 ensayos de productos alternativos para el control del gorgojo, municipio de Chiquimula, 2017.

Los ensayos establecidos en las diferentes localidades fueron manejados de abril a octubre de 2017.

6.2. Diseño experimental:

Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con 7 tratamientos, 3 repeticiones en cada una de las localidades.

6.3. Tratamientos:

Tratamiento 1 (T1): consistió en aplicar cal hidratada comercial a razón de 2 libras por cada 100 libras de grano de maíz y almacenar (Cuevas, 2006).

Tratamiento 2 (T2): consistió en aplicar ceniza de plantas a razón de 2 libras por cada 100 libras de grano de maíz y almacenar (Milán, C. 2008).

Tratamiento 3 (T3): consistió en aplicar hojas de eucalipto en polvo a razón de 2 libras por cada 100 libras de grano de maíz y almacenar (Milán, C. 2008).

Tratamiento 4 (T4): consistió en aplicar semilla de neem molida a razón de 0.5 libras por cada 100 libras de grano de maíz y almacenar (Medrano, 2000).

Tratamiento 5 (T5): consistió en la aplicación de Fosfuro de Aluminio (Fosfamina), a razón de 1 pastilla por cada 100 libras de grano de maíz quintal, depositando la pastilla sobre un papel dentro del granero al momento del almacenamiento, y sustrayendo los residuos de la pastilla 15 días después.

Tratamiento 6 (T6): consistió en la aplicación de tierra diatomea a razón de 50 gramos por cada 100 libras de grano de maíz y almacenar (Cruz, 2010).

Tratamiento 7 (T7): Este será el testigo absoluto y consistió en grano de maíz almacenado sin ningún tratamiento antes y durante el almacenamiento.

Observación: Para garantizar la infestación del grano almacenado, se agregaron *Sitophilus zeamais* M., a cada recipiente al momento del almacenamiento.

6.4. Tamaño de la unidad experimental

Las unidades experimentales estuvieron conformadas por silos de metal con capacidad de 100 libras donde fue colocado el grano de maíz. El área experimental total por localidad es de 21 silos.

6.5. Modelo estadístico

Para determinar el comportamiento de los tratamientos a evaluar a diferentes ambientes, se realizó un análisis combinado a la variable porcentaje de daño. Utilizando para ello el siguiente modelo:

a. Análisis de varianza combinado entre las localidades

$$Y_{ijk} = U + L_i + T_j + B_{k(i)} + LT_{ij} + E_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = variable respuesta de la ijk -ésima unidad experimental

U = media General

L_i = efecto de la i -ésima localidad

T_j = efecto del j -ésimo producto alternativo

$B_{k(i)}$ = efecto de la k -ésima repetición dentro de la i -ésima localidad.

LT_{ij} = efecto de la interacción de la i -ésima localidad por el j -ésimo producto alternativo.

E_{ijk} = efecto del error experimental en la ijk -ésima unidad experimental

6.6. Tamaño de la parcela neta

Las dimensiones de la parcela neta fueron las 100 libras contenidas en cada uno de los silos metálicos.

✓ Distribución de los tratamientos

Se realizó el sorteo de los tratamientos en 3 repeticiones establecidos en cada localidad. El diseño utilizado es el de bloques completos al azar.

Distribución de los tratamientos en bloques completos al azar para evaluar las alternativas para el control de gorgojo en 3 localidades del municipio de Chiquimula.

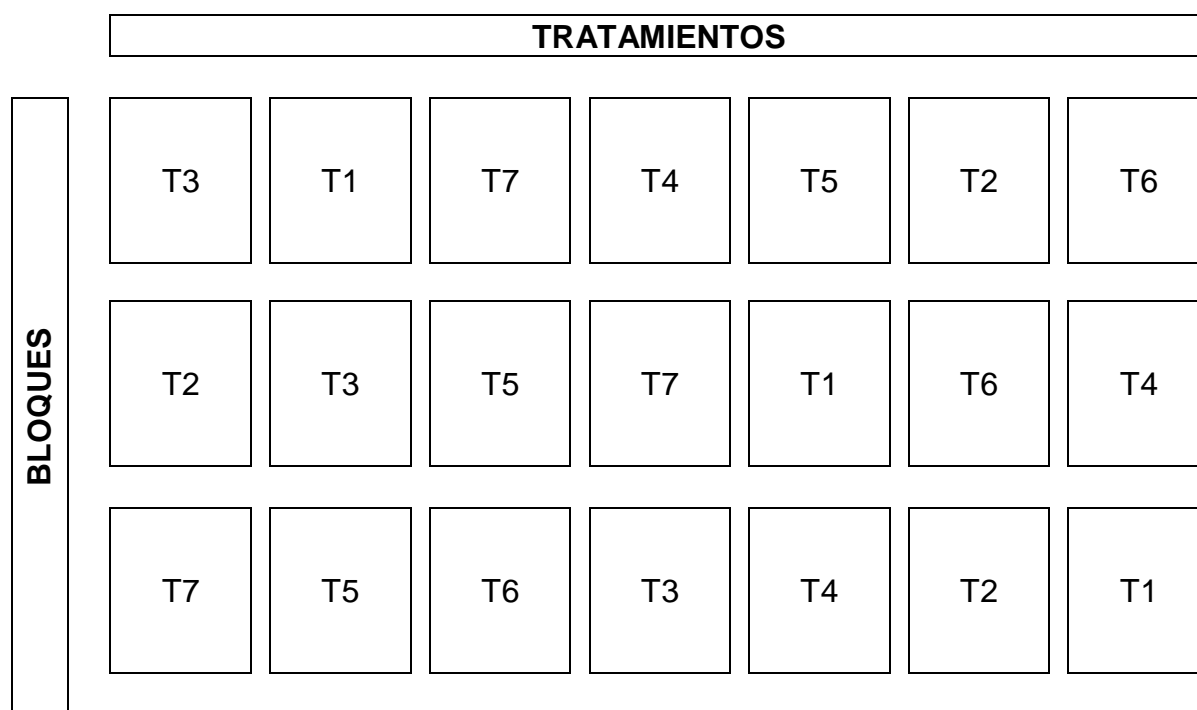


Figura 2. Distribución aleatorizada de los tratamientos utilizados para la investigación sobre productos alternativos para el control del gorgojo, Chiquimula, 2017.

✓ Muestreo de los tratamientos

La obtención de muestras de los tratamientos se realizó de la siguiente manera:

Se tomó 1 muestra por repetición, o sea 3 de cada uno de los tratamientos, por lo que mensualmente se analizaron 21 muestras (3 bloques y 7 tratamientos) de la siguiente manera:

- La primera al momento de colocar el grano en los silos de almacenamiento
- Posteriormente se realizaron muestreos mensualmente hasta completar los 6 meses de almacenamiento.

En cada muestra, se tomaron 0.33 kg del tercio superior, 0.33 kg del medio y 0.33 kg del tercio inferior de cada una de las unidades experimentales para obtener 1 kg de muestra por unidad experimental.

El traslado de las muestras al laboratorio se realizó en bolsas de papel con su respectiva identificación.

Variables respuesta

- a. Determinación del porcentaje de daño y pérdida.
- b. Determinación de las características físicas del grano de maíz
- c. Aceptación organoléptica
- d. Relación Beneficio/Costo

a. Determinación del porcentaje de daño y pérdida

Este se realizó pasando la muestra de maíz por un tablero de mil agujeros, luego las porciones de grano dañado y de grano libre de daño fueron separadas y contadas, para posteriormente pesar el grano de cada una de estas porciones y calcular el porcentaje de daño y pérdida a través del método de conteo y peso.

Equipo material necesario para la aplicación de este método:

- ✓ Un visor de muestras (homogenizador)

- ✓ Una muestra de maíz de aproximadamente 240 a 250 gramos en promedio.
- ✓ Balanza con un rango de 0.5 gramos a 15 kilogramos y aproximación a 0.1gramo.
- ✓ Tablero de 1,000 perforaciones
- ✓ Un formulario para registro de datos

El procedimiento consistió en:

La muestra se esparció sobre el tablero de 1,000 perforaciones, de manera que cada agujero retenga un grano y el grano sobrante fue removido del tablero.

Retirado el tablero se revisó visualmente cada uno de los granos y se dividió en dos categorías que corresponden a la de grano libre de daño y a la de grano dañado donde se tomarán las siguientes consideraciones:

- ✓ Dentro de cada categoría se efectuó el conteo y peso del grano y se registraron los resultados en el formulario respectivo.
- ✓ Se reunieron de nuevo todos los granos dañados y se efectuó su conteo y su peso total.
- ✓ Por último se efectuó el conteo y peso de los granos sanos.
- ✓ Las cifras a obtener se sustituyeron en las siguientes fórmulas para estimar los porcentajes de daño y pérdida.

$$\% \text{ de daño} = \frac{nd(ps/ns)}{nd(ps/ns)+ps} * 100$$

$$\% \text{ de pérdida} = \frac{nd(ps/ns)-pr}{nd(ps/ns)+ps} * 100$$

Dónde: nd= número de granos dañados
 ps= peso de granos sanos
 ns= número de granos sanos
 pr= peso de granos recuperables

b. Determinación de las características físicas del grano de maíz

Este análisis se realizó a cada uno de los tratamientos al inicio y después del último mes de almacenamiento para determinar la viabilidad del grano, de la siguiente manera:

- ✓ Mediante el uso de divisor de muestras se obtuvieron tres muestras de 25 gramos cada una para realizar este análisis.
- ✓ Luego con el uso de la tabla de 100 perforaciones se obtuvieron de cada una de las muestras 100 granos exactamente.
- ✓ Cada una de estas muestras de 100 granos se les realizó un conteo para determinar el porcentaje de grano dañado.

c. Aceptación organoléptica

- **Locación y personal:** se realizó una prueba de aceptación en el mes de mayo, en las viviendas donde se encontraban los ensayos en las localidades de el Barreal y Pinalito. Se evaluó la aceptación de 43 consumidores no entrenados, con un intervalo de edades entre los 15 y los 70 años, de familias de agricultores, procedentes de ambas comunidades. Para facilitar la ejecución del estudio se realizaron las evaluaciones en diferentes fechas. El primer grupo (22 participantes) evaluó las muestras el 13 de mayo y el segundo (21 participantes) lo realizó el 17 de mayo.
- **Presentación de las muestras:** la degustación de las siete muestras, correctamente codificadas con números aleatorios (T1: 718, T2: 129, T3: 637, T4: 941, T5: 253, T6: 461 y T7: 370), para el caso del grano las muestras se presentaron en canastos de plástico y las tortillas en canastos de carrizo.

- **Prueba de aceptación:** a través de esta prueba se estableció una escala ascendente en orden de preferencia. En esta prueba se les proporcionó a los panelistas una boleta (Anexo 1), donde al momento de pasar por las muestras se les solicitó indicar cuanto les agradaba cada muestra, asignando un valor a cada atributo según las categorías: 1 para Agradable, 2 para desagradable y 3 para nauseabundo.

d. Relación beneficio/costo

Se determinó la rentabilidad de los tratamientos mediante la utilización de la relación beneficio-costo

Fórmula: $B/C = VAI/VAC$

Donde:

B/C: Relación beneficio costo

VAI: Valor actual de los ingresos y beneficios

VAC: Valor actual de los costos

6.7. Análisis de la información

Se utilizó el programa estadístico INFO-STAT, donde se utilizarán los siguientes análisis: análisis de varianza (ANDEVA) a través de modelos lineales generales y mixtos, y para los tratamientos que presenten diferencias significativas se someterán al test DGC (Di Rienzo et ál. 2002)

Para el sondeo de aceptación organoléptica se realizará un test de Friedman: la prueba de Friedman (1937) sirve para comparar J promedios poblacionales cuando se trabaja con muestras relacionadas. La situación experimental que permite resolver esta prueba es averiguar si los promedios de esos J tratamientos o medidas son o no iguales [15]. El diseño está formado por J muestras o tratamientos relacionados y por una muestra aleatoria de n sujetos o bloques independientes entre sí e independientes de los tratamientos. El estadístico de Friedman (F) se distribuye según el modelo de probabilidad chi-cuadrado con J-1 grados de libertad. En esta prueba, se contrasta la hipótesis de que los J promedios comparados son iguales en la población (Ramírez, 2014).

7. RESULTADOS

El estudio de 5 productos alternativos, el fosforo de aluminio como testigo relativo y un testigo absoluto fueron evaluados en la Ciudad de Chiquimula, Aldea El Pinalito y Aldea El Barreal a 500, 1000 y 1500 msnm respetivamente, todas pertenecientes al municipio de Chiquimula, Chiquimula; obteniendo así los resultados correspondientes a nivel de daño y pérdida los cuales fueron sometidos a un análisis y discusión, para poder establecer si se obtuvo un tratamiento con diferencias significativas.

7.1. Determinación del porcentaje de daño y pérdida

7.1.1. Porcentaje de daño

Para la estimación del porcentaje de daño fueron tomados en cuenta los granos de maíz que presentaban por lo menos una perforación o que se observara dentro los mismos insectos vivos o huevecillos.

Previo a realizar la presentación de resultados se llevó a cabo la comprobación de los supuestos del modelo estadístico utilizado. Se puede observar a través de las herramientas gráficas del Anexo 1 una falta de homogeneidad de varianzas residuales en los tratamientos y localidades para los datos obtenidos durante los 6 meses de muestreos en los ensayos.

Para corregir la falta de homogeneidad de varianzas y poder probar si es necesario incluir la estimación de varianzas residuales diferentes para cada fase de muestreo, por lo que hay que ajustar un modelo heterocedástico y compararlo con el homocedástico, utilizando los criterios de verosimilitud penalizada el Criterio de información de Akaike AIC (por sus siglas en inglés) o Criterio de Información Bayesiano BIC (por su siglas en inglés).

Las medidas de ajuste del modelo especificado son las siguientes:

Cuadro 1. Medidas de ajuste de los modelos heterocedástico y homocedástico usando los criterios de AIC y BIC.

Modelo	Muestreo 1		Muestreo 2		Muestreo 3		Muestreo 4		Muestreo 5		Muestreo 6	
	AIC	BIC	AIC	BIC	AIC	BIC	AIC	BIC	AIC	BIC	AIC	BIC
Heterocedástico	167.93	207.89	176.45	216.42	196.44	236.41	232.46	272.43	281.65	321.62	343.87	383.83
Homocedástico	126.94	172.12	146.02	191.2	142.03	187.2	156.86	202.04	225.97	271.15	254.77	299.95

Si comparamos los valores AIC y BIC para la estructura que ha sido ajustada, se puede observar que los valores del modelos homocedástico son menores a los del heterocedástico, por lo tanto se elige el modelo homocedástico por tener valores de AIC y BIC menores con respecto al modelo heterocedástico. En el Anexo 2 se puede observar la comprobación de los supuestos para el modelo homocedástico donde se puede comprobar que ya no existe una heterogeneidad de varianzas.

Una vez elegida la estructura del modelo homocedásticos procedemos realizar inferencias sobre las medias. Además, por tratarse de un experimento factorial, donde se tienen como factores localidad y tratamiento, es necesario indagar si existe interacción entre los tratamientos y las localidades, para cada muestreo realizado durante los 6 meses del ensayo.

a. Muestreo 1

Los resultados del análisis de la varianza obtenido para el primer muestreo se presentan en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Análisis de la varianza para la variable porcentaje de daño en el muestreo 1, de la evaluación de productos alternativos para el control de gorgojo, Chiquimula, 2017.

	numDF	denDF	F-valor	p-valor
Localidad	2	6	22.00	0.0017
Tratamiento	6	36	14.31	<0.0001
Localidad:Tratamiento	12	36	2.69	0.0108

Al revisar los resultados en la interacción Localidad:tratamiento se observa que el p -valor=0.0108, por lo que podemos decir que existe interacción con un nivel de significancia del 5% son significativas por lo que la recomendación de un tratamiento puede cambiar dependiendo de la localidad, por lo que ahora se procede a realizar las comparaciones múltiples considerando únicamente la interacción.

Cuadro 3. Comparación de medias de la interacción Tratamiento:Localidad para la variable porcentaje de daño en el muestreo 1, de la evaluación de productos alternativos para el control de gorgojo, Chiquimula, 2017.

Localidad	Tratamiento	% Daño	
Barreal	T5	0.13	A
Pinalito	T5	0.13	A
Chiquimula	T5	0.2	A
Barreal	T6	0.27	A
Barreal	T4	0.27	A
Barreal	T1	0.57	B
Barreal	T7	0.63	B
Barreal	T3	0.73	B
Barreal	T2	0.77	B
Chiquimula	T1	1.03	B
Pinalito	T6	1.03	B
Pinalito	T3	1.17	B
Pinalito	T2	1.4	B
Chiquimula	T3	1.47	B
Chiquimula	T4	1.57	B
Pinalito	T4	1.67	B
Chiquimula	T6	1.8	B
Pinalito	T1	1.93	B
Pinalito	T7	2.03	B
Chiquimula	T2	2.57	B
Chiquimula	T7	3.87	B

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

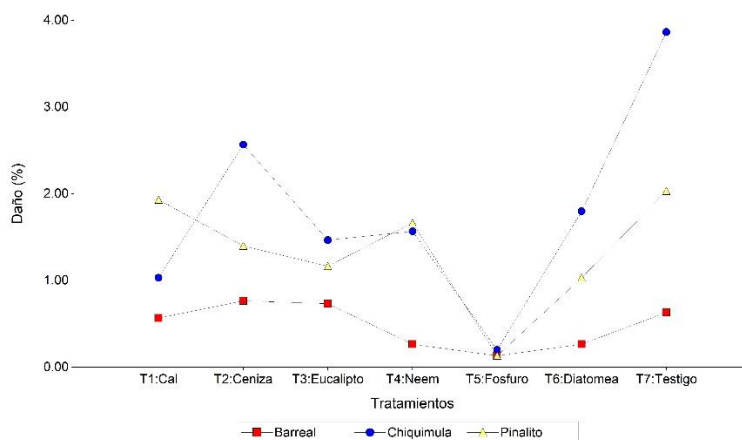


Figura 3. Diagrama de puntos para estudiar la interacción entre localidades y tratamientos para la variable porcentaje de daño durante el muestreo 1, de la evaluación de productos alternativos para el control de gorgojo del maíz, Chiquimula, 2017.

Al observar la gráfica de interacción se puede observar que existe una interacción de los tratamientos con la localidad, por lo que la recomendación para cada localidad puede variar.

Según la prueba de medias realizada (Cuadro 3), se observa que en el muestreo 1 el mejor tratamiento para el control del gorgojo del maíz (*Sitophilus zeamais*) para la localidad del Barreal, Chiquimula y el Pinalito fue el tratamiento 5 correspondiente al fosforo de aluminio.

b. Muestreo 2.

Los resultados para el porcentaje de daño durante el segundo muestreo se presentan en el siguiente cuadro.

Cuadro 4. Análisis de la varianza para la variable porcentaje de daño en el muestreo 2, de la evaluación de productos alternativos para el control de gorgojo, Chiquimula, 2017.

	numDF	denDF	F-valor	p-valor
Localidad	2	6	5.43	0.0451
Tratamiento	6	36	9.40	<0.0001
Localidad:Tratamiento	12	36	1.29	0.2665

Los resultados del análisis de la varianza con un nivel de significancia del 5% nos muestran que la interacción Localidad:Tratamiento con un p-valor=0.2665 no es significativa, mientras que para las localidades y tratamientos resultó ser significativo con p-valor=0.0451 y p-valor=<0.0001 respectivamente, por lo que se puede determinar la localidad con menor porcentaje de daño y realizar recomendaciones sobre los tratamientos sin tomar en cuenta las localidades.

Cuadro 5. Comparación de medias del factor localidades para la variable porcentaje de daño en el muestreo 2, de la evaluación de productos alternativos para el control de gorgojo, Chiquimula, 2017.

Localidad	% Daño	
Barreal	0.68	A
Pinalito	1.06	B
Chiquimula	1.84	B

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

Por los resultados obtenidos se concluye que a dos meses de almacenamientos la localidad que presenta un porcentaje de daño menor es el Barreal con 0.68%, seguido por Pinalito y Chiquimula siendo estadísticamente similares con una media de 1.06% y 1.84% respectivamente.

Cuadro 6. Comparación de medias de los tratamientos para la variable porcentaje de daño en el muestreo 2, de la evaluación de productos alternativos para el control de gorgojo, Chiquimula, 2017.

Tratamiento	% Daño	
T5	0.17	A
T4	1.06	B
T6	1.07	B
T3	1.19	B
T1	1.4	B
T7	1.59	B
T2	1.89	B

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

Durante el muestreo 2, realizado a dos meses de almacenamiento, el tratamiento 5 con una media de 0.17% de daño fue el que realizó un mejor control sobre el gorgojo del maíz, mientras que los restantes tratamientos son estadísticamente iguales.

c. Muestreo 3.

En el Cuadro 6 se muestra el análisis de la varianza donde se puede observar que la interacción Localidad:tratamiento es significativa con un p -valor=0.0031 con una significancia del 5%, por lo que las recomendaciones sobre los tratamientos dependerá de cada localidad.

Cuadro 7. Análisis de la varianza para la variable porcentaje de daño en el muestreo 3, de la evaluación de productos alternativos para el control de gorgojo, Chiquimula, 2017.

	numDF	denDF	F-valor	p-valor
Localidad	2	6	11.18	0.0095
Tratamiento	6	36	26.41	<0.0001
Localidad:Tratamiento	12	36	3.23	0.0031

Con base a los resultados obtenidos se procede a realizar la comparación de las medias considerando únicamente la interacción.

Cuadro 8. Comparación de medias de la interacción Tratamiento:Localidad para la variable porcentaje de daño en el muestreo 3, de la evaluación de productos alternativos para el control de gorgojo, Chiquimula, 2017.

Localidad	Tratamiento	% Daño	
Pinalito	T5	0	A
Barreal	T5	0	A
Chiquimula	T5	0.07	A
Barreal	T4	0.53	B
Barreal	T6	0.77	B
Barreal	T2	0.8	B
Chiquimula	T7	0.8	B
Barreal	T1	1	B
Barreal	T3	1.13	B
Pinalito	T6	1.13	B
Barreal	T7	1.3	B
Chiquimula	T1	1.3	B
Chiquimula	T4	1.63	B
Chiquimula	T3	1.77	B
Pinalito	T3	1.77	B
Pinalito	T4	1.9	B
Pinalito	T1	2.57	B
Chiquimula	T2	2.83	B
Pinalito	T7	3.37	B
Chiquimula	T6	3.47	B
Pinalito	T2	4.27	B

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

A los 3 meses de almacenamiento el tratamiento 5 es el que ha realizado un mejor control del gorgojo del maíz todas las localidades evaluadas. Aunque estadísticamente son iguales, los tratamientos que han realizado un mejor control fueron para Chiquimula el tratamiento 7, para Pinalito el tratamiento 6 y para el Barreal el tratamiento 4

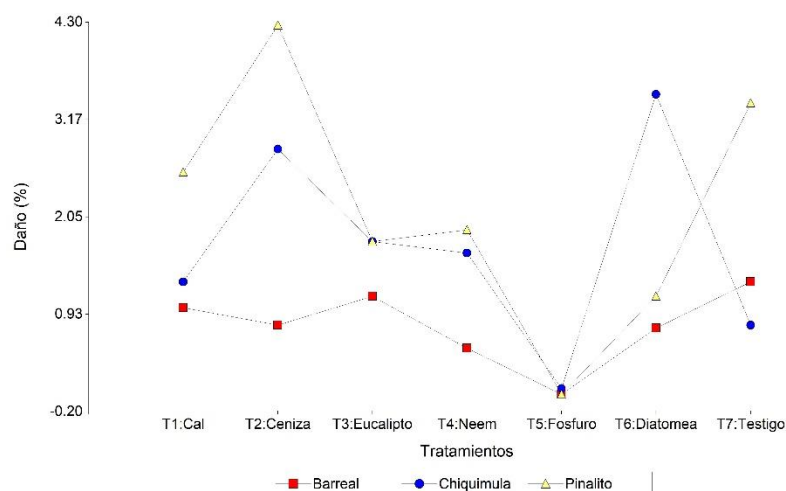


Figura 4. Diagrama de puntos para estudiar la interacción entre localidades y tratamientos para la variable porcentaje de daño durante el muestreo 3, de la evaluación de productos alternativos para el control de gorgojo del maíz, Chiquimula, 2017.

El diagrama de puntos confirma los resultados obtenidos en el análisis de varianza donde existe una diferencia significativa en la interacción Localidad:tratamiento.

d. Muestreo 4

Los resultados del análisis de varianza para la variable porcentaje de daño se muestran a continuación.

Cuadro 9. Análisis de la varianza para la variable porcentaje de daño en el muestreo 4, de la evaluación de productos alternativos para el control de gorgojo, Chiquimula, 2017.

	numDF	denDF	F-valor	p-valor
Localidad	2	6	13.12	0.0064
Tratamiento	6	36	12.1	<0.0001
Localidad:Tratamiento	12	36	4.55	0.0002

Con una significancia del 5% y un p-valor=0.0002 es estadísticamente significativa la interacción de Localidad:tratamiento, por lo que para poder realizar la

recomendaciones es necesaria considerar conjuntamente ambos factores. A continuación se muestra el cuadro de comparación de medias para la interacción.

Cuadro 10. Comparación de medias de la interacción Tratamiento:Localidad para la variable porcentaje de daño en el muestreo 4, de la evaluación de productos alternativos para el control de gorgojo, Chiquimula, 2017.

Localidad	Tratamiento	% Daño	
Pinalito	T5	0.19	A
Barreal	T6	0.31	A
Barreal	T5	0.44	A
Barreal	T4	0.6	A
Barreal	T7	0.78	A
Chiquimula	T5	0.82	A
Barreal	T3	0.95	A
Barreal	T1	0.99	A
Pinalito	T6	1.12	A
Barreal	T2	1.23	A
Pinalito	T3	1.48	B
Chiquimula	T2	1.67	B
Chiquimula	T7	1.81	B
Chiquimula	T1	1.84	B
Pinalito	T4	2.03	B
Chiquimula	T4	2.22	B
Chiquimula	T3	2.47	B
Pinalito	T1	2.58	B
Chiquimula	T6	3.36	B
Pinalito	T7	4.74	B
Pinalito	T2	6.08	B

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

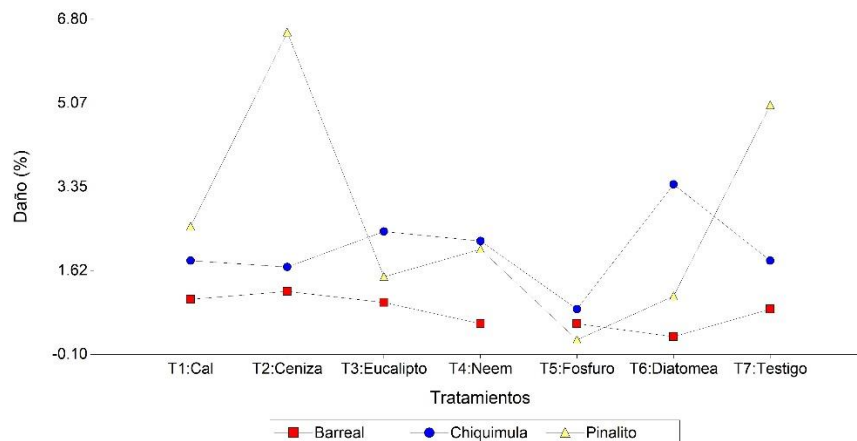


Figura 5. Diagrama de puntos para estudiar la interacción entre localidades y tratamientos para la variable porcentaje de daño durante el muestreo 4, de la evaluación de productos alternativos para el control de gorgojo del maíz, Chiquimula, 2017.

Según la prueba de diferencia media significativa para la interacción localidad:tratamiento, los resultados muestran que los mejores tratamientos para Chiquimula es el tratamiento 5, el Pinalito son el tratamiento 5 y 6, mientras que para el Barreal todos los tratamientos son estadísticamente iguales por lo que se puede recomendar cualquiera; los tratamientos que mostraron un mal control del gorgojo del maíz fueron el 2 y 7 en la localidad del Pinalito.

e. Muestreo 5

Se realizó el análisis de la varianza para la variable porcentaje de daño y los resultados se muestran en Cuadro 11.

Cuadro 11. Análisis de la varianza para la variable porcentaje de daño en el muestreo 5, de la evaluación de productos alternativos para el control de gorgojo, Chiquimula, 2017.

	numDF	denDF	F-valor	p-valor
Localidad	2	6	8.39	0.0183
Tratamiento	6	36	3.71	0.0057
Localidad:Tratamiento	12	36	2.39	0.0216

Los resultados del análisis de la varianza para la variable porcentaje de daño a los 5 meses de almacenamiento muestran que hay una diferencia significativa para localidad, tratamiento y para la interacción, con un p-valor=0.0183, 0.0057 y 0.0216 respectivamente. Al ser significativa la interacción se procede a realizar la prueba de diferencia media significativa para esta, los resultados se presentan en el Cuadro 12.

Cuadro 12. Comparación de medias de la interacción Tratamiento:Localidad para la variable porcentaje de daño en el muestreo 5, de la evaluación de productos alternativos para el control de gorgojo, Chiquimula, 2017.

Localidad	Tratamiento	% Daño		
Barreal	T5	0.03	A	
Pinalito	T5	0.03	A	
Barreal	T4	0.43	A	
Barreal	T3	0.87		B
Barreal	T7	0.9		B
Barreal	T1	0.97		B
Barreal	T6	1.17		B
Barreal	T2	1.33		B
Chiquimula	T1	1.47		B
Pinalito	T6	1.7		B
Pinalito	T1	1.73		B
Chiquimula	T5	2.53		B
Pinalito	T4	2.6		B
Chiquimula	T3	3		B
Pinalito	T7	3.87		B
Chiquimula	T6	4.1		B
Pinalito	T3	4.5		B
Chiquimula	T4	7.3		B
Pinalito	T2	7.4		B
Chiquimula	T2	7.57		B
Chiquimula	T7	8.5		B

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

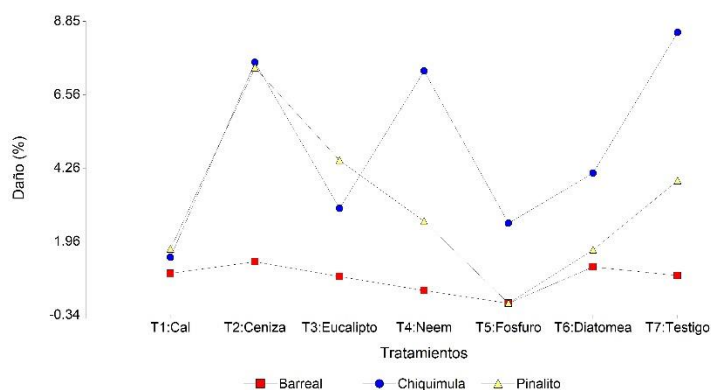


Figura 6. Diagrama de puntos para estudiar la interacción entre localidades y tratamientos para la variable porcentaje de daño durante el muestreo 5, de la evaluación de productos alternativos para el control de gorgojo del maíz, Chiquimula, 2017.

Los resultados muestran con una significancia del 5%, que la mejor alternativa para el control del gorgojo para la localidad del Barreal fueron los tratamiento 5 y 4 con una media de 0.03 y 0.43 respectivamente. Para Pinalito el mejor tratamiento fue el 5 con una media de 0.03, mientras que para Chiquimula todos los tratamientos resultan ser estadísticamente iguales, pero con una media de 1.47% el tratamiento 1 realizó un mejor control sobre el gorgojo del maíz.

f. Muestreo 6

Cuadro 13. Análisis de la varianza para la variable porcentaje de daño en el muestreo 6, de la evaluación de productos alternativos para el control de gorgojo, Chiquimula, 2017.

	numDF	denDF	F-valor	p-valor
Localidad	2	6	10.23	0.0117
Tratamiento	6	36	4.29	0.0023
Localidad:Tratamiento	12	36	3.61	0.0014

Los resultados del análisis de varianza para los datos obtenidos en el muestreo 6 reflejan que tanto los tratamientos como las localidades son significativas con p-valor=0.0023 y 0.0117 respectivamente, pero al ser significativa la interacción Localidad:tratamiento con un p-valor= 0.0014 no se puede realizar inferencia de la

localidad y tratamiento por separado. Para hacer las recomendaciones se realiza la comparación de medias de las combinaciones de localidades y tratamientos, así como también el gráfico de interacción.

Cuadro 14. Comparación de medias de la interacción Tratamiento:Localidad para la variable porcentaje de daño en el muestreo 6, de la evaluación de productos alternativos para el control de gorgojo, Chiquimula, 2017.

Localidad	Tratamiento	% Daño	
Barreal	T5	0.0021	A
Pinalito	T5	0.0346	A
Barreal	T4	0.6693	B
Barreal	T6	0.9263	B
Barreal	T3	1.1309	B
Barreal	T1	1.3979	B
Chiquimula	T1	1.4172	B
Pinalito	T1	1.7813	B
Barreal	T7	2.0632	B
Barreal	T2	2.1328	B
Pinalito	T6	3.7519	B
Chiquimula	T5	3.845	B
Pinalito	T4	3.9078	B
Chiquimula	T6	6.2071	B
Chiquimula	T4	7.3535	B
Pinalito	T7	7.4494	B
Chiquimula	T2	7.9383	B
Chiquimula	T3	9.5064	B
Chiquimula	T7	9.8963	B
Pinalito	T3	10.0869	B
Pinalito	T2	19.5792	B

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

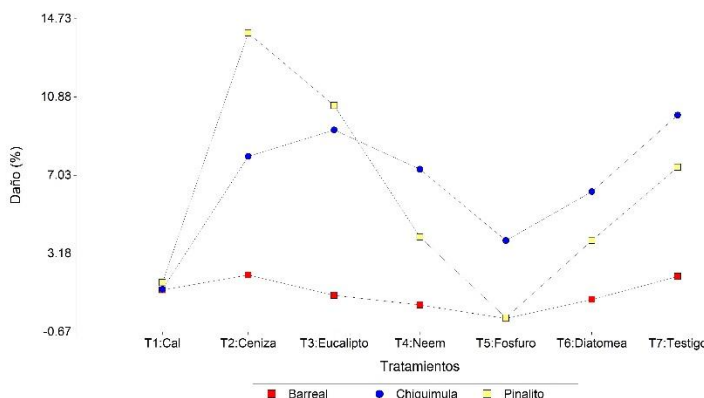


Figura 7. Diagrama de puntos para estudiar la interacción entre localidades y tratamientos para la variable porcentaje de daño durante el muestreo 6, de la evaluación de productos alternativos para el control de gorgojo del maíz, Chiquimula, 2017

Con una significancia del 5% se puede concluir que el mejor tratamiento para el control del gorgojo fue el 5 en las localidades de Barreal y Pinalito con una media de 0.0021% y 0.0346% respectivamente, mientras que para la localidad de Chiquimula todos los tratamientos son iguales estadísticamente, aunque cabe resaltar que el tratamiento con un mejor control fue el 1 con una media de 1.41% seguido por el tratamiento 5 con una media de 3.845%. Así mismo, los peores tratamientos fueron el 2 y 3 en Pinalito, y los tratamientos 3 y 7 en Chiquimula.

7.1.2. Porcentaje de pérdida

Para el cálculo del porcentaje de pérdida se toman en cuenta los granos recuperables, estos son aquellos que presentan 1 o 2 perforaciones hechas por el insecto; caso contrario los granos no recuperables son lo que tienen más de 2 perforaciones (Quiel, 1994).

Antes de la presentación de resultados se procedió a la revisión de los supuestos estadísticos a través de la utilización de gráficas que se presentan en el Anexo 3. Al observar las gráficas, se puede concluir que: por lo mostrado en la gráfica Box-Plot existe una variabilidad de residuos tanto en los tratamientos como en las localidades evaluadas; la gráfica de Residuos estandarizados versus Predichos

muestra que existe un patrón lo que nos indica junto con la de Box-Plot que existe una heterogeneidad de varianzas y por último la gráfica QQ-Plot que nos muestra una falta de normalidad en los datos obtenidos durante los 6 meses de muestreos en los ensayos.

Para corregir la falta de homogeneidad de varianzas y normalidad, es necesario poder probar si es necesario incluir la estimación de varianzas residuales diferentes para cada fase de muestreo, por lo que hay que ajustar un modelo heterocedástico y compararlo con el homocedástico, utilizando los criterios de verosimilitud penalizada como lo son el Criterio de información de Akaike AIC (por sus siglas en inglés) o Criterio de Información Bayesiano BIC (por su siglas en inglés).

Las medidas de ajuste del modelo especificado tanto para el modelo heterocedástico como homocedástico son las siguientes:

Cuadro 15. Medidas de ajuste de los modelos heterocedástico y homocedástico usando los criterios de AIC y BIC.

Modelo	Muestreo 1		Muestreo 2		Muestreo 3		Muestreo 4		Muestreo 5		Muestreo 6	
	AIC	BIC	AIC	BIC	AIC	BIC	AIC	BIC	AIC	BIC	AIC	BIC
Heterocedástico	144.3	184.2	122.8	162.8	144.9	184.9	168.1	208.1	220.5	260.4	231.6	271.6
Homocedástico	74.2	119.4	85.8	131	99.8	145	105	150.2	139.1	184.2	157.6	202.7

Al realizar la comparación de los valores de AIC y BIC del modelo heterocedástico y homocedástico, se observa que para el modelo homocedástico son menores, por lo que se elige el segundo modelo. En el Anexo 4 se puede observar la comprobación de los supuestos para el modelo homocedástico donde se puede comprobar que ya no existe una heterogeneidad de varianzas.

Una vez elegida la estructura del modelo homocedásticos procedemos realizar inferencias sobre las medias. Además, por tratarse de un experimento factorial, donde se tienen como factores localidad y tratamiento, es necesario indagar si

existe interacción entre los tratamientos y las localidades, para cada muestreo realizado durante los 6 meses del ensayo.

a. Muestreo 1

Los resultados del análisis de la varianza son los siguientes:

Cuadro 16. Análisis de la varianza para la variable porcentaje de pérdida en el muestreo 1, de la evaluación de productos alternativos para el control de gorgojo, Chiquimula, 2017.

	numDF	denDF	F-valor	p-valor
Localidad	2	6	5.09	0.0510
Tratamiento	6	36	8.46	<0.0001
Localidad:Tratamiento	12	36	3.14	0.0039

Los resultados del análisis de la varianza indican que hay una diferencia significativa en la interacción Localidad:tratamiento con un p-valor=0.0039, por lo que se procede a realizar la comparación de medias de dicha interacción.

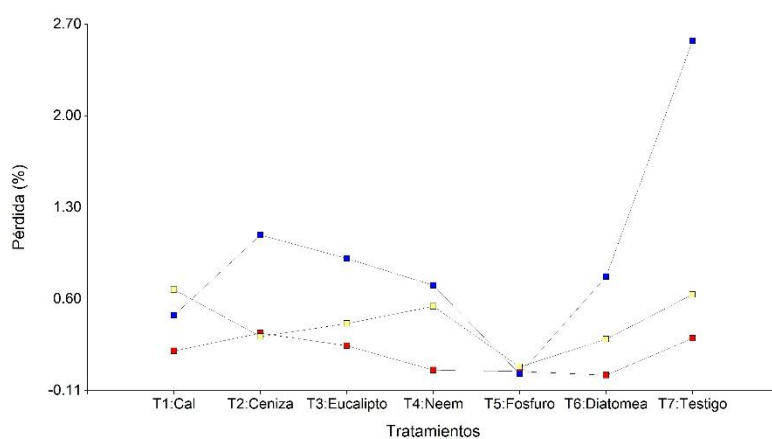


Figura 8. Diagrama de puntos para estudiar la interacción entre localidades y tratamientos para la variable porcentaje de pérdida durante el muestreo 1, de la evaluación de productos alternativos para el control de gorgojo del maíz, Chiquimula, 2017.

Cuadro 17. Comparación de medias de la interacción Localidad:Tratamiento para la variable porcentaje de pérdida en el muestreo 1, de la evaluación de productos alternativos para el control de gorgojo, Chiquimula, 2017.

Localidad	Tratamiento	% Pérdida	
Barreal	T6	0.01	A
Chiquimula	T5	0.02	A
Barreal	T5	0.04	A
Barreal	T4	0.05	A
Pinalito	T5	0.07	A
Barreal	T1	0.2	B
Barreal	T3	0.24	B
Barreal	T7	0.29	B
Pinalito	T6	0.29	B
Pinalito	T2	0.31	B
Barreal	T2	0.33	B
Pinalito	T3	0.41	B
Chiquimula	T1	0.47	B
Pinalito	T4	0.54	B
Pinalito	T7	0.63	B
Pinalito	T1	0.67	B
Chiquimula	T4	0.7	B
Chiquimula	T6	0.77	B
Chiquimula	T3	0.91	B
Chiquimula	T2	1.09	B
Chiquimula	T7	2.58	B

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

A un mes de almacenamiento se puede observar que existe interacción entre localidad y tratamiento (Fig. 8); además, la comparación de medias establece que los mejores tratamientos para la localidad del Barreal fueron el T6, T5 y T4 con medias de 0.01, 0.04 y 0.05 respectivamente, para Chiquimula fue el T5 con una media de 0.02 y para Pinalito el T5 con una media de 0.07.

b. Muestreo 2

Cuadro 18. Análisis de la varianza para la variable porcentaje de pérdida en el muestreo 2, de la evaluación de productos alternativos para el control de gorgojo, Chiquimula, 2017.

	numDF	denDF	F-valor	p-valor
Localidad	2	6	0.47	0.6457
Tratamiento	6	36	4.65	0.0013
Localidad:Tratamiento	12	36	1.10	0.3916

El análisis de la varianza muestra que existe diferencia significativa entre tratamientos, mientras que las localidades y la interacción no lo muestran, por lo que se procede a realizar la comparación de media para los tratamientos.

Cuadro 19. Comparación de medias de los tratamientos para la variable porcentaje de pérdida en el muestreo 2, de la evaluación de productos alternativos para el control de gorgojo, Chiquimula, 2017.

Tratamiento	% Pérdida	
T5	0.05	A
T4	0.32	B
T6	0.37	B
T1	0.43	B
T7	0.5	B
T3	0.64	B
T2	0.67	B

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

La prueba de media indica que a 2 meses de almacenamiento, el T5 con una media de 0.05% muestra mejores resultados independientemente de la localidad donde se use. El resto de tratamientos aunque son estadísticamente similares se puede mencionar que el T4 y T6 presentaron una media de 0.32 y 0.37 respectivamente.

c. Muestreo 3

Los resultados del análisis de la varianza se presentan en el Cuadro 20, donde se puede observar que los tratamientos y localidades son estadísticamente significativos con p -valor=0.0001 y 0.0336 respectivamente; pero se debe resaltar que la interacción Localidad:tratamiento es significativa con un p -valor=0.0041 por lo que las recomendaciones deben realizarse con base a esta.

Cuadro 20. Análisis de la varianza para la variable porcentaje de pérdida en el muestreo 3, de la evaluación de productos alternativos para el control de gorgojo, Chiquimula, 2017.

	numDF	denDF	F-valor	p-valor
Localidad	2	6	6.30	0.0336
Tratamiento	6	36	9.59	<0.0001
Localidad:Tratamiento	12	36	3.12	0.0041

Una vez se determina que existe diferencia significativa, se procede a realizar la prueba de medias para la interacción Localidad:tratamiento (Cuadro 21).

Cuadro 21. Comparación de medias de los tratamientos para la variable porcentaje de pérdida en el muestreo 3, de la evaluación de productos alternativos para el control de gorgojo, Chiquimula, 2017.

Localidad	Tratamiento	% Pérdida	
Pinalito	T5	0	A
Barreal	T5	0	A
Chiquimula	T5	0.05	A
Barreal	T6	0.13	A
Barreal	T4	0.19	A
Pinalito	T6	0.27	A
Barreal	T2	0.29	A
Chiquimula	T7	0.34	A
Barreal	T1	0.49	B
Barreal	T7	0.50	B
Barreal	T3	0.52	B
Chiquimula	T1	0.68	B
Chiquimula	T3	0.69	B
Pinalito	T4	0.85	B
Chiquimula	T4	0.86	B
Pinalito	T7	0.90	B
Pinalito	T3	0.93	B
Chiquimula	T2	1.32	B
Chiquimula	T6	1.54	B
Pinalito	T1	1.56	B
Pinalito	T2	1.72	B

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

Con los resultados podemos inferir que en la localidad de Chiquimula los tratamientos con donde se obtuvo menor pérdida fueron el T5 y T7. Para el Pinalito

la prueba de medias refleja que los de menor porcentaje de pérdida fueron T5 y T6 y para la localidad del Barreal el T5 y T2. Además la figura 9 esquematiza la interacción existente entre Localidad y tratamiento.

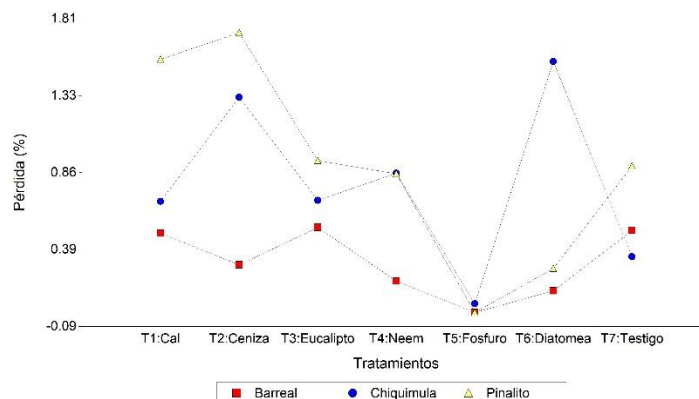


Figura 9. Diagrama de puntos para estudiar la interacción entre localidades y tratamientos para la variable porcentaje de pérdida durante el muestreo 3, de la evaluación de productos alternativos para el control de gorgojo del maíz, Chiquimula, 2017.

d. Muestreo 4

Los resultados del análisis de la varianza para la variable porcentaje de pérdida se presentan en el siguiente cuadro.

Cuadro 22. Análisis de la varianza para la variable porcentaje de pérdida en el muestreo 4, de la evaluación de productos alternativos para el control de gorgojo, Chiquimula, 2017.

	numDF	denDF	F-valor	p-valor
Localidad	2	6	4.04	0.0774
Tratamiento	6	36	6.35	0.0001
Localidad:Tratamiento	12	36	4.20	0.0004

En el cuadro se puede observar que la interacción Localidad:tratamiento es significativa con un p-valor=0.0004, lo que no indica que la diferencia media

significativa debe realizarse con base a la interacción, los resultados se presentan en el cuadro 23.

Cuadro 23. Comparación de medias de los tratamientos para la variable porcentaje de pérdida en el muestreo 4, de la evaluación de productos alternativos para el control de gorgojo, Chiquimula, 2017.

Localidad	Tratamiento	% Pérdida	
Barreal	T6	0.04	A
Pinalito	T5	0.13	A
Barreal	T5	0.20	A
Barreal	T7	0.20	A
Barreal	T1	0.22	A
Chiquimula	T2	0.35	A
Barreal	T4	0.35	A
Chiquimula	T5	0.36	A
Barreal	T3	0.50	A
Barreal	T2	0.55	A
Chiquimula	T7	0.59	A
Pinalito	T3	0.61	A
Pinalito	T6	0.65	A
Chiquimula	T3	0.83	B
Chiquimula	T4	0.87	B
Pinalito	T4	1.07	B
Chiquimula	T1	1.12	B
Chiquimula	T6	1.40	B
Pinalito	T1	1.72	B
Pinalito	T2	2.71	B
Pinalito	T7	2.72	B

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

La prueba de media muestra que para el Barreal todos los tratamientos no presentan diferencias estadísticamente significativas, pero el T6 con un porcentaje de pérdida de 0.04 es el mejor, seguido por el T5 con 0.20% de pérdida. Para el Pinalito los tratamientos T5, T3 y T6 con un porcentaje de pérdida de 0.13, 0.61 y 0.65 respectivamente, no muestran diferencias significativas entre sí. En chiquimula los tratamientos T2 con 0.35%, T5 con 0.36% y T7 con 0.59% no son significativamente diferentes.

La figura 10 muestra la manera en que se dio la interacción entre las localidades y los tratamientos, siendo la localidad del Pinalito la que presenta mayor variabilidad entre los tratamientos.

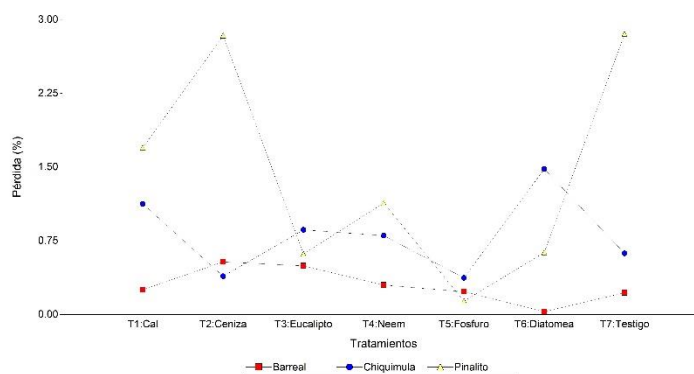


Figura 10. Diagrama de puntos para estudiar la interacción entre localidades y tratamientos para la variable porcentaje de pérdida durante el muestreo 4, de la evaluación de productos alternativos para el control de gorgojo del maíz, Chiquimula, 2017.

e. Muestreo 5

En el Cuadro 24, a través del análisis de la varianza de los datos se puede observar que tanto las localidades como los tratamientos son estadísticamente significativos con p -valor=0.0008 y 0.0047; pero al observar la interacción Localidad:tratamiento con un p -valor de 0.0035, así mismo esto se ve reflejado en la gráfica de interacción (fig 11), siendo estadísticamente significativa no se puede realizar inferencias de los resultados de los tratamientos y localidades por separado, por lo que la se procede a realizar la prueba de media de la interacción (Cuadro 25).

Cuadro 24. Análisis de la varianza para la variable porcentaje de pérdida en el muestreo 5, de la evaluación de productos alternativos para el control de gorgojo, Chiquimula, 2017.

	numDF	denDF	F-valor	p-valor
Localidad	2	6	28.86	0.0008
Tratamiento	6	36	3.83	0.0047
Localidad:Tratamiento	12	36	3.19	0.0035

Cuadro 25. Comparación de medias de los tratamientos para la variable porcentaje de pérdida en el muestreo 5, de la evaluación de productos alternativos para el control de gorgojo, Chiquimula, 2017.

Localidad	Tratamiento	% Pérdida	
Barreal	T5	0.03	A
Pinalito	T5	0.03	A
Barreal	T4	0.10	A
Barreal	T3	0.18	A
Barreal	T6	0.24	A
Barreal	T7	0.28	A
Barreal	T1	0.55	B
Pinalito	T6	0.57	B
Chiquimula	T1	0.63	B
Chiquimula	T5	0.75	B
Barreal	T2	0.81	B
Chiquimula	T6	0.89	B
Chiquimula	T3	0.96	B
Pinalito	T4	1.03	B
Pinalito	T1	1.08	B
Pinalito	T3	1.57	B
Pinalito	T7	1.85	B
Chiquimula	T4	2.42	B
Pinalito	T2	3.42	B
Chiquimula	T7	3.71	B
Chiquimula	T2	4.34	B

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

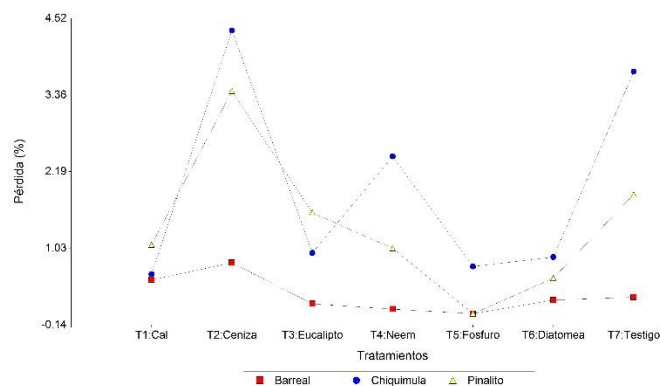


Figura 11. Diagrama de puntos para estudiar la interacción entre localidades y tratamientos para la variable porcentaje de pérdida durante el muestreo 5, de la evaluación de productos alternativos para el control de gorgojo del maíz, Chiquimula, 2017.

Al tomar los resultados del análisis de la varianza, el cual nos indica que debemos inferir tomando en cuenta las localidades y los tratamientos, por lo que las recomendaciones de los tratamientos deben ser independiente para cada localidad. Ahora, tomando la prueba de media para la interacción Localidad:tratamiento los resultados muestran que para la localidad del Barreal, siendo estadísticamente no significativa la diferencia entre ellos, los mejores tratamientos son el T5, T4, T3, T6, T7 y T1 (de menor a mayor); para la localidad del Pinalito el mejor tratamiento es el T5 y para Chiquimula todos los tratamientos no tienen diferencias significativas entre ellos, pero con base a la media de cada uno los 3 mejores tratamientos son T1, T5 y T6 con una media de 0.63, 0.75 y 0.89 respectivamente.

f. Muestreo 6

Los resultados del análisis de la varianza para los datos obtenidos en el muestreo 6 se presentan en el siguiente cuadro.

Cuadro 26. Análisis de la varianza para la variable porcentaje de pérdida en el muestreo 5, de la evaluación de productos alternativos para el control de gorgojo, Chiquimula, 2017.

	numDF	denDF	F-valor	p-valor
Localidad	2	6	15.16	0.0045
Tratamiento	6	36	7.23	<0.0001
Localidad:Tratamiento	12	36	2.65	0.0118

Los resultados muestran que las localidades y los tratamientos son significativos, pero al observar la interacción Localidad:tratamiento con un p -valor=0.0118 (estadísticamente significativo), por lo que la inferencia de las medias debe ir enfocada en ella. A través de la figura 12 podemos comprobar de manera gráfica la interacción que se da entre las localidades y los tratamientos.

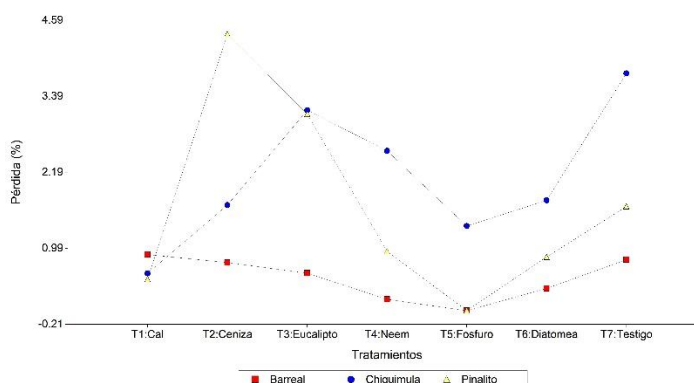


Figura 12. Diagrama de puntos para estudiar la interacción entre localidades y tratamientos para la variable porcentaje de pérdida durante el muestreo 6, de la evaluación de productos alternativos para el control de gorgojo del maíz, Chiquimula, 2017.

Cuadro 27. Comparación de medias de los tratamientos para la variable porcentaje de pérdida en el muestreo 6, de la evaluación de productos alternativos para el control de gorgojo, Chiquimula, 2017.

Localidad	Tratamiento	% Pérdida	
Pinalito	T5	0.00	A
Barreal	T5	0.00	A
Barreal	T4	0.18	A
Barreal	T6	0.35	A
Pinalito	T1	0.50	B
Barreal	T3	0.59	B
Chiquimula	T1	0.59	B
Barreal	T2	0.76	B
Barreal	T7	0.81	B
Pinalito	T6	0.85	B
Barreal	T1	0.89	B
Pinalito	T4	0.94	B
Chiquimula	T5	1.34	B
Pinalito	T7	1.65	B
Chiquimula	T2	1.67	B
Chiquimula	T6	1.74	B
Chiquimula	T4	2.53	B
Pinalito	T3	3.11	B
Chiquimula	T3	3.17	B
Chiquimula	T7	3.75	B
Pinalito	T2	4.37	B

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

Para la localidad del Pinalito se recomienda el T5, mientras que para la localidad del Barreal, siendo estadísticamente iguales los tratamientos T5, T4 y T6; para Chiquimula los 3 mejores tratamientos son el T1, T5 y T2.

7.2. Características físicas del grano

Para determinar el efecto de los tratamientos sobre el grano de maíz se tomaron en cuenta los siguientes aspectos:

7.2.1. Granos dañados:

Estos granos son aquellos granos enteros y sus partes que han sufrido alteraciones físicas o químicas (externas o internas), como resultado de la acción de calor, hongos, insectos, roedores y otros agentes nocivos (CIMMYT, 2016).

- a. **Granos dañados por calor:** granos de maíz y sus partes que presenten una coloración café obscura o negruzca originada por calentamiento (CIMMYT, 2016).
- b. **Granos dañados por hongos:** granos de maíz y sus partes que presenten en la superficie, en el germen o embrión y/o en el resto del grano afectación parcial o total por desarrollo de microorganismos de campo y/o de almacén. Dicha afectación generalmente se caracteriza por una coloración azulosa, negruzca, verduzca, anaranjada o amarillenta y su apariencia suele ser lamosa o algodonosa (CIMMYT, 2016).
- c. **Granos dañados por insectos:** granos de maíz y sus partes que presenten perforaciones o galerías originadas por insectos de campo y/o almacén (CIMMYT, 2016).

7.2.2. Grano dañado al inicio.

Al momento de la recepción del grano de maíz se realizó un muestreo de los 63 quintales, para lo cual se utilizó un muestreador de grano. Las submuestras obtenidas fueron homogenizadas, extrayendo posteriormente 3 muestras de 25 gramos cada una. Luego, las muestras fueron colocadas sobre una tabla con 100 perforaciones, a manera de obtener 100 granos, a los cuales se les realizó el conteo para determinar el porcentaje de grano dañado.

Realizado el conteo de granos, se pudo determinar que el grano de maíz al momento de la recepción no se encontraban granos dañados por calor, por hongos o por insectos.

7.2.3. Grano dañado al final

Después de finalizado la toma de muestras para la determinación del porcentaje de daño por gorgojo, se realizó en cada localidad la toma de muestra para determinar la calidad física del grano; para determinarla, se procedió a tomar una submuestra de cada repetición por tratamiento con el uso de muestreador, luego las 3 submuestras fueron homogenizadas a manera de obtener una muestra de 75 gramos por tratamiento en cada localidad. Luego, las muestras fueron colocadas sobre una tabla con 100 perforaciones, a manera de obtener 100 granos, a los cuales se les realizó el conteo para determinar el porcentaje de grano dañado, tomando en cuenta para esto los granos dañados por calor, por hongos y por insectos (*Sitophilus zeamais* M). Los resultados obtenidos se muestran en el Cuadro 28.

Cuadro 28. Características físicas del grano de maíz en los distintos tratamientos y localidades, de la evaluación de productos alternativos para el control de gorgojo, Chiquimula, 2017.

LOCALIDAD	TIPO DE DAÑO	Granos afectados (%)						
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
Chiquimula	Por calor	2.00	6.00	2.00	5.00	2.00	4.00	3.00
	Por hongos	0.00	60.00	0.00	0.00	0.00	60.00	2.00
	Por insectos	2.00	8.00	9.00	7.00	4.00	7.00	10.00
Pinalito	Por calor	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Por hongos	0.00	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Por insectos	2.00	14.00	11.00	4.00	0.00	4.00	7.00
Barreal	Por calor	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Por hongos	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Por insectos	1.00	2.00	1.00	1.00	0.00	1.00	2.00

En la localidad del Barreal se obtuvo la mejor calidad física de grano, ya que solo se vio afectada por el daño provocado por el gorgojo del maíz con un porcentaje de daño entre 1 y 2%. En la localidad del Pinalito la calidad física del grano se vio afectada por insectos en la totalidad de tratamientos, mientras que el T2 se vio afectado por la presencia de hongos. En Chiquimula los tratamientos se vieron

afectados todos los tratamientos por insectos y calor, los tratamientos T2, T6 y T7 fueron afectados por hongos.

7.3. Estado de aceptación organoléptica

Con los datos obtenidos de las pruebas realizadas en el análisis sensorial de muestras de grano de maíz y tortillas de siete tratamientos evaluados y se aplicó la prueba de Friedman, los resultados se muestran a continuación.

e. Olor del grano

Cuadro 29. Prueba de Friedman para la variable olor de grano, de la evaluación de productos alternativos para el control de gorgojo, Chiquimula, 2017.

T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T ²	p
3.87	4.03	4.69	4.16	3.42	4.35	3.48	5.26	<0.0001

Tratamiento	Suma (Ranks)	Media (Ranks)	n	
T5	147	3.42	43	A
T7	149.5	3.48	43	A B
T1	166.5	3.87	43	A B C
T2	173.5	4.03	43	C D
T4	179	4.16	43	C D E
T6	187	4.35	43	C D E
T3	201.5	4.69	43	E

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

Al observar los resultados obtenidos por la prueba de Friedman, se obtuvo que los tratamientos T5, T7 y T1 no poseen diferencias estadísticamente significativas, siendo estos los de mayor aceptación por los panelistas. Los tratamientos T3, T6 y T4 son los tratamientos con menor aceptación.

f. Olor de tortilla

Cuadro 30. Prueba de Friedman para la variable olor de tortilla, de la evaluación de productos alternativos para el control de gorgojo, Chiquimula, 2017.

T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T ²	p
3.76	3.59	4.08	4.41	3.92	4.49	3.76	3.84	0.0011

Tratamiento	Suma (Ranks)	Media (Ranks)	n	
T2	154.5	3.59	43	A
T1	161.5	3.76	43	A B
T7	161.5	3.76	43	A B C
T5	168.5	3.92	43	A B C D
T3	175.5	4.08	43	B C D E
T4	189.5	4.41	43	E
T6	193	4.49	43	E

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

Para la variable olor de la tortilla los resultados muestran que los tratamientos T2, T1, T7 y T5 son estadísticamente iguales y de mayor aceptación por los panelistas, mientras que los tratamientos T6, T4 y T3 son los que menos aceptación obtuvieron.

g. Sabor de tortilla

Cuadro 31. Prueba de Friedman para la variable sabor de tortilla, de la evaluación de productos alternativos para el control de gorgojo, Chiquimula, 2017.

T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T ²	p
3.62	3.53	4.02	4.77	3.78	4.43	3.85	5.99	<0.0001

Tratamiento	Suma (Ranks)	Media (Ranks)	n	
T2	152	3.53	43	A
T1	155.5	3.62	43	A B
T5	162.5	3.78	43	A B C
T7	165.5	3.85	43	A B C D
T3	173	4.02	43	A B C D E
T6	190.5	4.43	43	E F
T4	205	4.77	43	F

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

En cuanto a la variable sabor de la tortilla los tratamientos T2, T1, T5, T7 y T3 no tienen diferencias estadísticamente significativas, siendo el de mayor preferencia el tratamiento 2.

7.4. Relación beneficio/costo

Se realizó tomando en cuenta los costos del uso de cada producto alternativo, la pérdida en libras causado por el gorgojo y los beneficios de la venta del grano.

Cuadro 32: Calculo de la rentabilidad del uso de los tratamientos aplicados al grano de maíz, de la evaluación de productos alternativos para el control de gorgojo, Chiquimula, 2017.

Trat	Costos (Q)			Venta maíz (Q)	B/C			Rentabilidad (%)		
	Barreal	Pinalito	Chiquimula		Barreal	Pinalito	Chiquimula	Barreal	Pinalito	Chiquimula
T1	142.86	144.48	143.65	150	1.05	1.04	1.04	5.00	3.82	4.42
T2	142.56	149.53	147.36	150	1.05	1.00	1.02	5.22	0.31	1.79
T3	148.63	152.31	152.16	150	1.01	0.98	0.99	0.92	-1.51	-1.42
T4	147.96	150.60	152.58	150	1.01	1.00	0.98	1.38	-0.40	-1.69
T5	141.89	141.83	143.54	150	1.06	1.06	1.04	5.71	5.76	4.50
T6	143.50	144.91	147.67	150	1.05	1.04	1.02	4.53	3.52	1.58
T7	141.70	145.72	146.89	150	1.06	1.03	1.02	5.86	2.94	2.12

Al observar el cuadro anterior, se observan los mejores tratamientos por localidad, siendo en el Barreal el T5 y T7, para el Pinalito el T5, T6 y T1; y para Chiquimula el T5 y T1.

8. DISCUSIÓN

En este estudio se evaluó el efecto de 7 tratamientos para el control de gorgojo del maíz (*Sitophilus zeamais M*) en grano de maíz almacenado sobre las variables porcentaje de daño y pérdida, características físicas del grano y aceptación organoléptica, del mes de octubre al mes de abril en tres localidades del municipio de Chiquimula.

En la variable porcentaje de daño se realizaron para cada muestreo (6 en total) los análisis de varianza. Los resultados mostraron que los productos alternativos no tienen el mismo efecto que el fosforo de aluminio sobre el control del gorgojo del maíz por lo que la hipótesis nula se rechaza. Además se encontró a través del análisis de la varianza que para los muestreos 1, 3, 4, 5 y 6, hubo un efecto significativo para la interacción entre la localidad y los tratamientos, por lo que se rechaza la hipótesis de que las localidades no tienen influencia sobre la eficacia de los tratamientos; con excepción del muestreo 2 donde la localidad no mostró ninguna influencia, es posible recomendar un tratamiento para cada localidad.

En las localidades se mostraron porcentajes de daño diferentes en cada una, siendo el Barreal donde se observó un menor daño causado por el gorgojo, seguido por el Pinalito y Chiquimula (1500, 1000 y 500 msnm respectivamente) donde se presentó un mayor daño del gorgojo sobre el grano. Cabe resaltar que el daño estimado en cada localidad estuvo influenciado directamente por las diferencias de temperatura y la humedad (grano y ambiente); como se puede observar en la figura 12, donde se muestra el daño causado por el gorgojo y las temperaturas medias mensuales de cada localidad, los porcentajes de daño más altos se encuentran en la localidad de Chiquimula, donde las temperaturas durante el ensayo fueron entre 24.10 y 29.10 °C, en Pinalito entre 21.6 y 25.4 °C y las menores en la localidad del Barreal con temperaturas entre 14.59 y 20.76°C.

Según Moreno (1984), la temperatura juega un papel importante en el desarrollo de los insectos, aún en presencia de un contenido de humedad favorable. La temperatura óptima para su desarrollo es entre 26 y 30°C, a temperaturas de 20°C su desarrollo y reproducción se reducen considerablemente.

Al considerar lo antes expuesto, se explica el comportamiento del porcentaje de daño en las diferentes localidades, donde el Barreal mostró valores más bajos de daño durante cada muestreo (Figura 12) y tomando en cuenta que los adultos de *Sitophilus* pueden vivir de 4 a 5 meses y la hembra puede producir entre 300 y 400 huevos en su vida reproductiva (Dell'Orto, 1985), llevando a una infestación rápida del grano de maíz sin tratamiento; demostrando que las localidades tuvieron un efecto sobre su desarrollo y reproducción.

El Barreal mostró los valores más bajos de porcentaje de daño durante los seis meses del experimento, con una media mensual de 0.79%, con valores mínimos y máximos de 0.48 y 1.19%, obtenidos en el primer y sexto mes, respectivamente. El Pinalito mostró un daño medio de 2.72%, con un mínimo de 1.06 en el segundo mes y 5.94% en el sexto mes. Chiquimula mostró los valores de daño más elevados con una media mensual de 3.14%, valor mínimo de 1.70% y máximo de 6.58%, en el tercero y sexto mes respectivamente.

Al comparar los resultados de las tres localidades se obtiene que en cada localidad el valor de daño más alto se dio en el sexto mes (abril) y la temperatura media mensual (°C) registrada en cada una fueron las más altas registradas durante el ensayo (Barreal: 20.76, Pinalito: 25.4 y Chiquimula: 29.1) y tomando en cuenta los rangos de desarrollo y reproducción del gorgojo antes mencionados, se demuestra que las condiciones climáticas del Barreal reducen considerablemente el desarrollo y reproducción del gorgojo, caso contrario en Chiquimula, donde se presentó la temperatura ideal para el desarrollo y reproducción del insecto; mientras que en Pinalito el valor máximo y mínimos de daño coinciden con la temperatura máxima y mínima registrada, que además se encuentran entre 20 y 26°C, posicionando a esta localidad en segundo lugar en cuanto al daño por gorgojo.

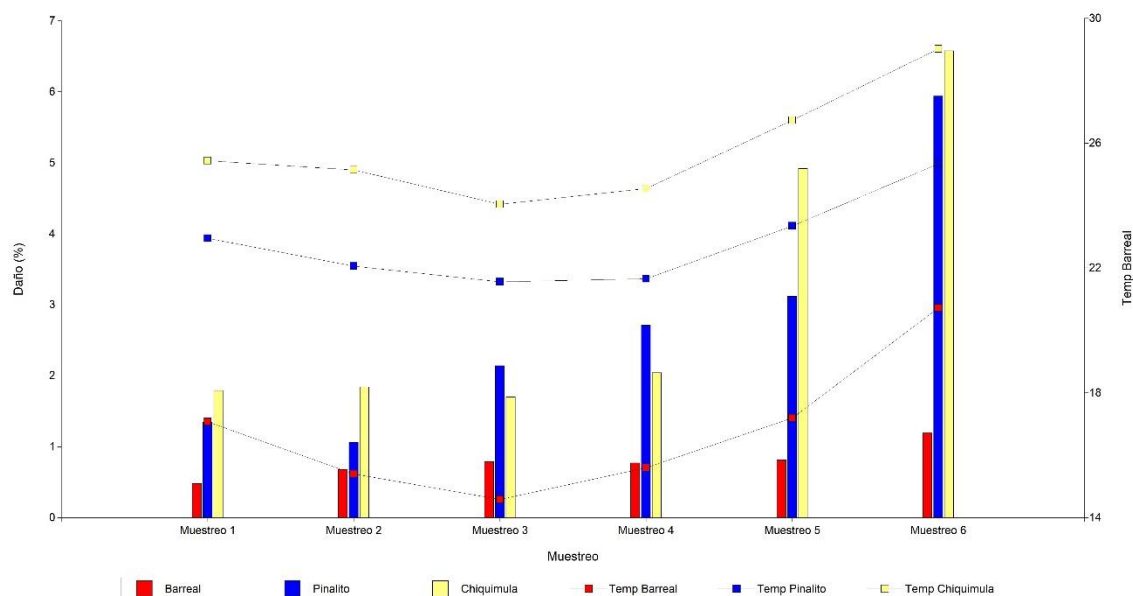


Figura 13: Daño y temperatura mensual presentada por localidad, de la evaluación de productos alternativos para el control de gorgojo del maíz, Chiquimula, 2017.

Moreno (1984) dice que la humedad es el factor más importante que favorece el deterioro de las semillas y que para la proliferación de las especies de *Sitophilus*, la humedad relativa óptima se encuentra en 70% y la humedad de grano requerida para su desarrollo debe ser superior al 9%. Otros autores establecen que los valores mínimos van desde los 50% de humedad relativa y 17°C de temperatura (Intagri, 2017)

Durante el ensayo, los contenidos de humedad del grano variaron entre 14% al inicio del ensayo alcanzando un máximo de 16.1%, 17.87% y 16.41% en Barreal, Pinalito y Chiquimula respectivamente, en la figura 13 se muestra la humedad relativa y humedad de grano en cada muestreo.

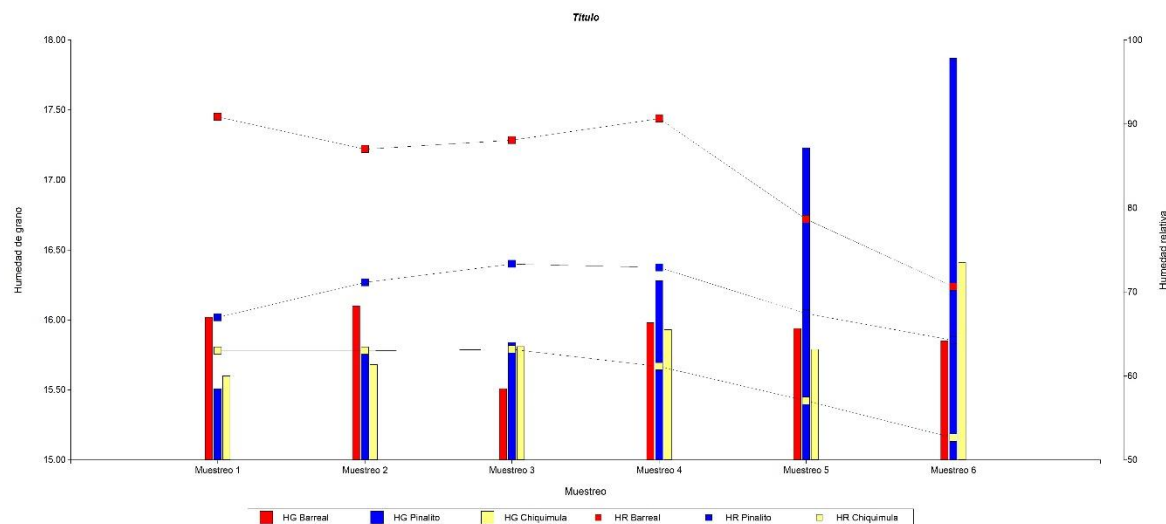


Figura 14. Humedad de grano y humedad relativa presentada durante los seis meses de la evaluación de productos alternativos para el control de gorgojo del maíz, Chiquimula, 2017.

Como se muestra en la figura 14, los valores de humedad relativa en las localidades del Barreal, Pinalito y Chiquimula superaron el valor mínimo necesario para el desarrollo de *Sitophilus*. Con relación a la humedad de grano, los valores tomados en cada muestreo se encuentran entre 15.51% y 17.87%, superando el valor mínimo propuesto por Moreno (1984), y al hacer el análisis conjunto de la humedad relativa y la humedad de grano se observa que en todas las localidades evaluadas, las condiciones fueron apropiadas para un desarrollo del gorgojo.

Aunque los valores de humedad relativa y humedad de grano fueron apropiados no se observa en los resultados que el daño causado por gorgojo fuera igual en las tres localidades; en Barreal se obtuvieron los valores más bajos de daño, pero se puede concluir que el factor que más influyó en el daño causado por el gorgojo fue la temperatura, esto se ve reflejado al comparar los resultados obtenidos en las localidades, donde se demuestra lo planteado por Moreno (1984) donde dice que la temperatura juega un papel importante en el desarrollo de insectos, aún en presencia de contenidos de humedad favorables.

Como se mencionó antes, los productos alternativos evaluados no tuvieron el mismo efecto que el fosforo de aluminio en cuanto al control del gorgojo. Durante los muestreos

realizados entre los meses 1 y 4, el tratamiento que mostró un mejor control fue el fosforo de aluminio (T5), mientras que el resto fueron estadísticamente iguales entre ellos. Para los muestreos realizados en el quinto y sexto mes se obtuvo que la cal (T1) no mostro diferencias significativas con el fosforo de aluminio, el control realizado por la cal se debe a que esta funciona como abrasivo al raspar la cutícula del insecto, que mueren por humedad (García, 2009).

Observando los resultados de la comparación de medias, teniendo en cuenta el efecto de la interacción de los tratamientos con las localidades, el fosforo de aluminio (T5) muestra ser el tratamiento recomendado para 6 meses de almacenamiento.

Como se muestra en la figura 14, los tratamientos mostraron un control diferente en cada localidad. Se puede observar que el tratamiento que mostró mayor porcentaje de daño durante cada mes de muestreo fue la ceniza (T2), seguido por el testigo (T7).

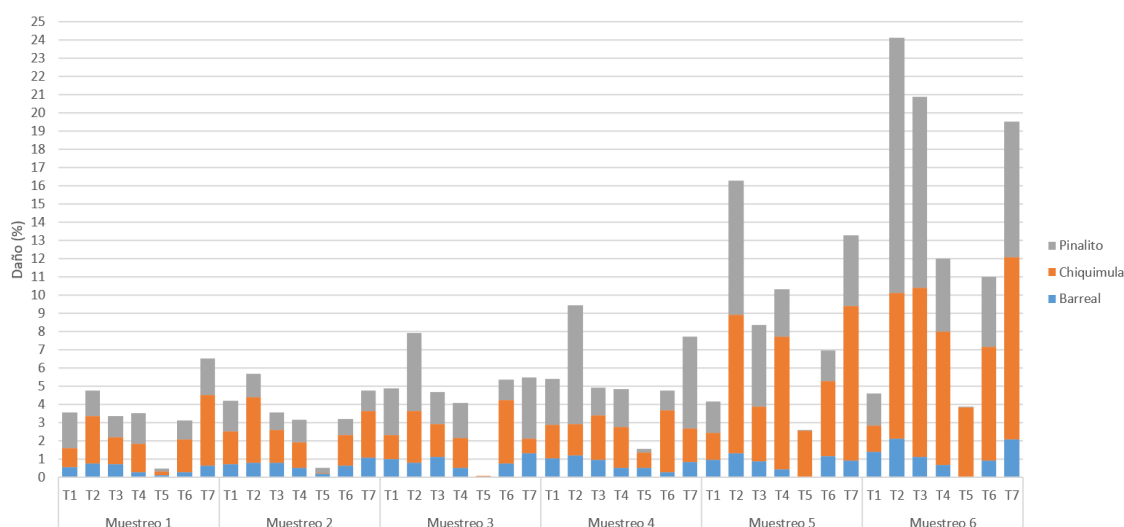


Figura 15. Daño mensual por localidad durante seis meses de la evaluación de productos alternativos para el control de gorgojo del maíz, Chiquimula, 2017.

Como se puede observar en la figura anterior, el daño provocado por el gorgojo aumenta conforme avanzaron los meses de almacenamiento. Además, los graneros que fueron tratados con cal (T1) mantienen niveles constantes de control sobre el gorgojo, ya que durante los 6 meses de almacenamiento, por lo que esta mostró un efecto residual.

Como se comprobó a través de los análisis de la varianza, hubo un efecto significativo de la interacción Localidad:tratamiento, dando como resultado la recomendación de un tratamiento distinto para cada localidad.

En el Barreal, Pinalito y Chiquimula (1500, 1000 y 500 msnm, respectivamente) el daño provocado por gorgojo aumentó conforme avanzaba el tiempo de almacenamiento y aumentaba la temperatura, pero cabe resaltar que en cada localidad el porcentaje de daño fue diferente (Anexo 7).

En el Barreal debido a que las temperaturas durante 5 meses de almacenamiento no sobrepasaron los 20°C el daño se mantuvo por debajo del 3.20%, por lo que el desarrollo y reproducción del gorgojo fue reducido considerablemente según lo establece Moreno (1984), pero se vio un aumento en el sexto mes cuando esta sobrepasó los 21°C. En el Pinalito y Chiquimula, al igual que en el Barreal, el comportamiento del porcentaje de daño fue parecido, siendo mayor conforme avanzaba el tiempo de almacenamiento e incrementaba la temperatura.

El porcentaje de pérdida tuvo un comportamiento parecido al daño, siendo mayor conforme avanza el tiempo y aumenta la temperatura. En el Anexo 8 se muestra que los tratamientos que mostraron menor porcentaje de pérdida fueron el T5, T6, T3 y T4.

La calidad física del grano se vio afectada en dos de las tres localidades evaluadas principalmente por daños causados por calor, hongos e insectos.

En el Barreal la calidad se vio afectada únicamente por el daño provocado por el gorgojo con niveles máximos y mínimos de 2 y 0%, siendo el T5 el que presentó la mejor calidad del grano.

En Pinalito la calidad del grano fue afectada por daño de insectos y hongos. El daño por insectos fue mayor en los tratamientos T2, T3 y T7 con 14, 11 y 7% respectivamente, mientras que los hongos afectaron únicamente al tratamiento T2 con un 20% granos afectados.

En Chiquimula el grano se vio afectado por insectos, calor y hongos. El daño por insectos se encuentra entre el 2 y 10%, el provocado por el calor entre el 2% y 6% y el daño provocado por hongos afectó a los tratamientos T2, T6 y T7.

Es importante mencionar que la ceniza mostró problemas con hongos en dos localidades (Pinalito y Chiquimula) en los muestreos 5 y 6. Esto fue debido a que fueron en estos donde se mostraron las temperaturas más altas durante el ensayo. En el Pinalito para los muestreos 5 y 6 fueron de 23.40°C y 25.40°C y para Chiquimula de 26.80°C y 29.10°C. Según Ramírez (1980) citado por Quiel (1994) los hongos en granos almacenados crecen más rápido entre 25 y 30°C, por lo que en estas localidades se dieron las condiciones ideales de temperatura y humedad para el desarrollo de hongos.

Se pudo observar también, que durante el experimento hubo cambios en el contenido de humedad del grano, (Cuadro 33), y según Christensen (1964) citado por Quiel (1994), la humedad del grano es el factor de mayor importancia y que al haber contenidos de humedad en los granos superiores al 13% favorecen el desarrollo de los hongos, afectando la calidad. Si a esto le sumamos las condiciones de temperatura y humedad relativa registrada en las localidades de Pinalito y Chiquimula se explica la presencia de hongos dentro de algunos graneros.

Cuadro 33. Humedad de grano promedio obtenida durante cada mes de la evaluación de productos alternativos para el control de gorgojo del maíz, Chiquimula, 2017.

Localidad	% Humedad					
	Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3	Muestreo 4	Muestreo 5	Muestreo 6
Barreal	16.02	16.1	15.51	15.98	15.94	15.85
Pinalito	15.6	15.68	15.81	15.93	15.79	16.41
Chiquimula	15.51	15.77	15.84	16.28	17.23	17.87

Estos cambios de humedad en el grano se deben, según Blanco (2016), a que este absorbe oxígeno del aire y consume carbohidratos de su estructura, lo que libera calor; provocando una respiración más rápida, causando que los cambios de la temperatura provoquen modificaciones que intensifican las variaciones de la humedad relativa del grano; es de esta manera, se modifica el equilibrio de aireación, lo que conlleva a un aumento en las posibilidades de una mayor humedad de grano.

La prueba de aceptación organoléptica demostró que los tratamientos no tienen el mismo efecto en la percepción en cuanto a olor de grano, olor y sabor de tortillas, por lo que se rechaza la hipótesis planteada en la investigación.

Los resultados muestran que el uso de los tratamientos T5, T7 y T1 no modifica la percepción del olor del grano. En cuanto al olor y sabor de la tortilla el uso de los tratamientos T2, T1, T7 y T5 no tiene ningún efecto en la percepción de la tortilla, esto debido a que de la manera en que fueron usados los distintos tratamientos no cambia dicha percepción, por lo que se pueden utilizar de igual manera estos tratamientos, pero tomando en cuenta las observaciones realizadas antes en este documento.

El análisis de la relación beneficio/costo demostró que el tratamiento T5 presenta mejores resultados en las 3 localidades evaluadas. Entre los productos alternativos evaluados, el T1 fue el mejor del resto, mientras que los tratamientos T3 y T4 en las localidades de Pinalito y Chiquimula no mostraron ningún beneficio económico, debido al costo de preparación y la pérdida de grano provocada por el gorgojo.

9. CONCLUSIONES

- ✓ Para la variable porcentaje de daño y pérdida el tratamiento que mostró un mejor resultado en las 3 localidades durante 4 meses de almacenamiento fue el fosforo de aluminio (T5), mientras que a 5 y 6 meses de almacenamiento varió en la localidad de Chiquimula siendo la cal (T1) y T5 los más eficaces para el control del daño realizado por el gorgojo del maíz (*Sitophilus zeamais M*).
- ✓ Se logró determinar que las variables de temperatura, humedad relativa y humedad del grano tuvieron un efecto en el desarrollo y reproducción del gorgojo, siendo la temperatura la más importante, ya que se observó que las condiciones de temperatura fue diferente en cada localidad. De las 3 localidades evaluadas, el Barreal (1500 msnm) mostró menor daño por gorgojo en todos los tratamientos principalmente por presentar temperaturas medias mensuales durante el experimento entre 14 y 21°C, contrastando con Chiquimula (500 msnm) donde se mostraron los niveles de daño por gorgojo más altos, con temperaturas medias mensuales entre 26 y 30°C.
- ✓ La calidad física del grano se vio afectada por insectos, calor y hongos. El daño por hongos se vio principalmente en Chiquimula y Pinalito, causada principalmente por los niveles de humedad del grano superiores al 13%, a la temperatura y humedad relativa. Además en Chiquimula se presentó daño por calor debido a las altas temperaturas registradas.
- ✓ Al realizar el sondeo organoléptico se determinó que el uso de ciertos productos cambia la percepción en cuanto a las cualidades del grano y tortilla evaluadas, siendo los tratamientos de neem (T4) y tierra diatomea (T6) los que presentaron menor aceptación, al presentar sabor y aroma distinto al resto.
- ✓ Se determinó que el T5 fue el que presentó mejor beneficio/costo y de más fácil aplicación, seguido por el T1, mientras que los tratamientos T3 y T4 no presentaron beneficio económico debido principalmente a las pérdidas ocasionadas por el gorgojo, por el alto costo económico y difícil proceso de elaboración.

10. RECOMENDACIONES

- ✓ Seguir usando el fosforo de aluminio, ya que fue el tratamiento que presentó menor daño y no altera las características organolépticas del grano y tortilla de maíz, además de ser la alternativa más económica para el control de gorgojo.
- ✓ Almacenar el maíz a temperaturas por debajo de los 20°C para obtener mayor eficiencia en el control del gorgojo.
- ✓ Utilizar cal para el control del gorgojo para el almacenamiento de grano durante 5 y 6 meses.
- ✓ Realizar investigaciones relacionadas con el control del gorgojo para períodos mayores a 6 meses.
- ✓ Almacenar el grano de maíz para consumo a una humedad de grano menor al 13% para evitar el desarrollo de hongos.

11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANACAFE. 2004. Cultivo de maíz. Programa de diversificación de ingresos en la empresa café alera. Asociación Nacional del Café. Guatemala. 18 p. Consultado el 19 de octubre de 2017. Disponible en: <http://portal.anacafe.org/Portal/Documents/Documents/2004-12/33/12/Cultivo%20de%20Ma%C3%ADz.pdf>
2. Blanco, Y., Durañona, H., Acosta, R. 2016. Efecto de la temperatura y la humedad en la conservación de granos de maíz en silos metálicos refrigerados. Cultivos Tropicales, vol. 37, num. 4. 105-114 p. consultado el 20 de julio de 2018. Disponible en http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362016000400010
3. CIMMYT, 2016. Calidad de grano para técnicos postcosecha. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. México. 52 p. Consultado el 20 de junio de 2018. Disponible en: [coservacion.cimmyt.org>doc_view>2](http://coservacion.cimmyt.org/doc_view>2)
4. Cook, D.A y D.M. Armitage. 2000. Efficacy of a diatomaceous earth against mite and insect populations in small beans of wheat under conditions of low temperature and high humidity . Pest Management Science. 56::591-596.
5. Copyright Infoagro Systems, S.L. El cultivo del maíz (1ª. Parte). Infoagro.com. Consultado el 19 de octubre de 2017. Disponible en: <http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/maiz.htm>
6. Cruz, O. 2010. Uso de tierra diatomea para el control de gorgojo del maíz, gorgojo del frijol y gusano cogollero en Sinaloa, México. Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Sinaloa. P. 1-5. Consultado 6 de febrero de 2017. Disponible en http://sistemanodalsinaloa.gob.mx/archivoscomprobatorios/_16_informetecnicoconsultorias/4538.pdf
7. Cuevas, M. I. 2006. Manejo de productos naturales para el control de insectos en almacén. Laboratorio de entomología, Universidad Autónoma del Estado de Morelos. México. 37 p. Consultado el 12 de mayo de 2017. Disponible en: http://web.uaemex.mx/Red_Ambientales/docs/memorias/Extenso/MR/EO/MRO-06.pdf

8. Dell'Orto, H. 1985. Insectos que dañan granos y productos almacenados. FAO. Santiago, Chile. 146 p. Consultado el 3 de julio de 2018. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/x5053S/x5053s00.htm#Contents>
9. Fuentes López, M.R. 2002. El cultivo de maíz en Guatemala. Una guía para su manejo agronómico. Instituto de Ciencia y Tecnologías Agrícolas. Guatemala. p. 2. Consultado el 19 de octubre de 2016. Disponible en: <http://www.icta.gob.gt/maiz/cultivoMaizManejoAgronomico.pdf>
10. García Lara, S. et. al. 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. CIMMYT. México. 65 p. Consultado el 4 de septiembre de 2016. Disponible en: http://www.ucv.ve/fileadmin/user_upload/facultad_agronomia/Zoologia_Agricola/Manejo_Integrado/Material_Interes/Manualplagas_granos_almacenados.pdf
11. García Pérez, DE. 2009. Evaluación de insecticidas de cuatro grupos toxicológicos para el control de *Sitophilus zeamais* M. Tesis Ing. Agr. Parasitólogo. Coahuila, México. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". División de Agronomía. 67p.
12. GOMEZ LEONARDO, L. F. 1995. Evaluación preliminar del funcionamiento de la caseta de secado como alternativa para el manejo post-cosecha de maíz (*Zea mays* L.) en Zaragoza, Chimaltenango. Tesis ing. Agr. Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 67 p.
13. Intagri, 2017. Manual de plagas en granos almacenados. México. 10 p. Consultado el 2 de julio de 2018. Disponible en: <https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/manual-plagas-granos-almacenados>
14. Korunic, Z. 1998. Diatomaceous earths, a group of natural insecticides. *Journal of Stored Products Research*. 34: (2/3) 87-97.
15. Medrano, M.I. 2000. Evaluación de tres productos orgánicos para el control del gorgojo del maíz. Tesis de ingeniero agrónomo, USAC . 48 p.
16. Milán, C. 2008. El eucalipto como insecticida y repelente. RAPAL, PAN - Fundesyram. El Salvador. 101 p. Consultado el 10 de septiembre de 2016. Disponible en: <http://www.fundesyrarn.info/biblioteca.php?id=1086>.

17. Molina JG, Rodrigo, MF. 2014. Pruebas no paramétricas. Universitat de Valencia. España. 14 p. Consultado el 19 de julio de 2018. Disponible en http://ocw.uv.es/ciencias-de-la-salud/estadistica-ii/est2_t5.pdf
18. Morales Barberena, C. 1999. Evaluación de productos naturales para el manejo del gorgojo del frijol (*Acanthocelides obtectus* Say) y el gorgojo del maíz (*Sitophilus zeamais* M). Trabajo de diploma. Managua, Nicaragua. Universidad Nacional Agraria –UNA-. 48 p. Consultado el 4 de abril de 2018. Disponible en: <http://repositorio.una.edu.ni/1747/>
19. Moreno, E. 1984. Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. Instituto de biología. Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F. 380 p. Consultado el 2 de julio de 2018. Disponible en: <https://books.google.com.gt/books?id=FTpGWUloo4UC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>.
20. Pereira da Silva, F.A. 1993. Manual de manejo poscosecha de granos a nivel rural. Conservación y protección e granos almacenados. Santiago, Chile. Consultado el 20 de octubre de 2016. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/X5027S/x5027S00.htm>
21. Quiel Arauz, PA., 1994. Caracterización de técnicas de manejo postcosecha y presencia de aflatoxinas en maíz almacenado en sistemas tradicionales y mejorados por pequeños agricultores en dos municipios de Honduras. Tesis Ingeniero Agrónomo, Escuela Agrícola Panamericana. Honduras. 222 p. consultado el 15 de junio de 2018. Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/1499/1/CPA-1994-T055>
22. Ramírez, JS, Murcia, CL, Castro, V. 2014. Análisis de aceptación de preferencia del manjar blanco del valle.
23. Silva Aguayo, G., González Gómez, P., Hepp Gallo, R., Casals Bustos, P. 2004. Control de *sitophilus zeamais motschulsky* con polvos inertes. *Agrociencia*, vol. 38, num 5. 529-536 p. Consultado el 16 de julio de 2018. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/302/30238507.pdf>
24. Vardeman, EA., Arthur, F.H., Nechols, J.R., Campbell, J.F., 2006. Effect of temperature, exposure interval and depth of diatomaceous earth on distribution,

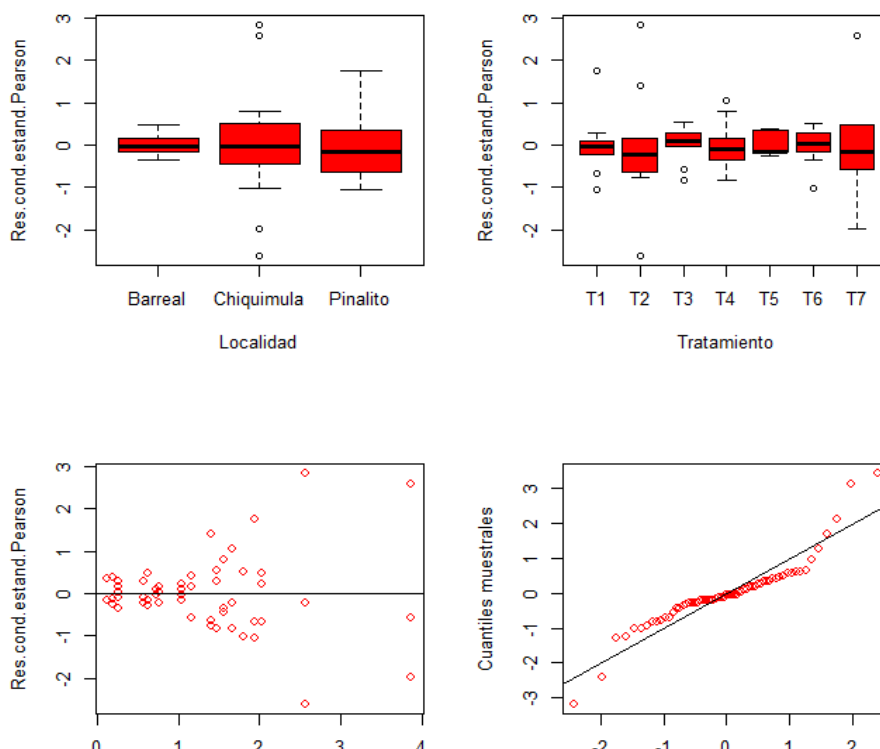
mortality, and reproduction of the lesser grain borer, *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae) in stored wheat. *Journal of Economic Entomology* 99, 1017–1024. Vela-Coiffier, E.L., Fargo, W.S., Bonjour, E.L., Cuperus, G.W., Warde

25. www. Postcosecha.net. ----- . Fosfamina, manejo de la fumigación. Consultado el 10 de septiembre de 2016. Disponible en: https://www.shareweb.ch/site/Agriculture-and-Food-Security/focusareas/Documents/phm_postcosecha_phosphine_s.pdf

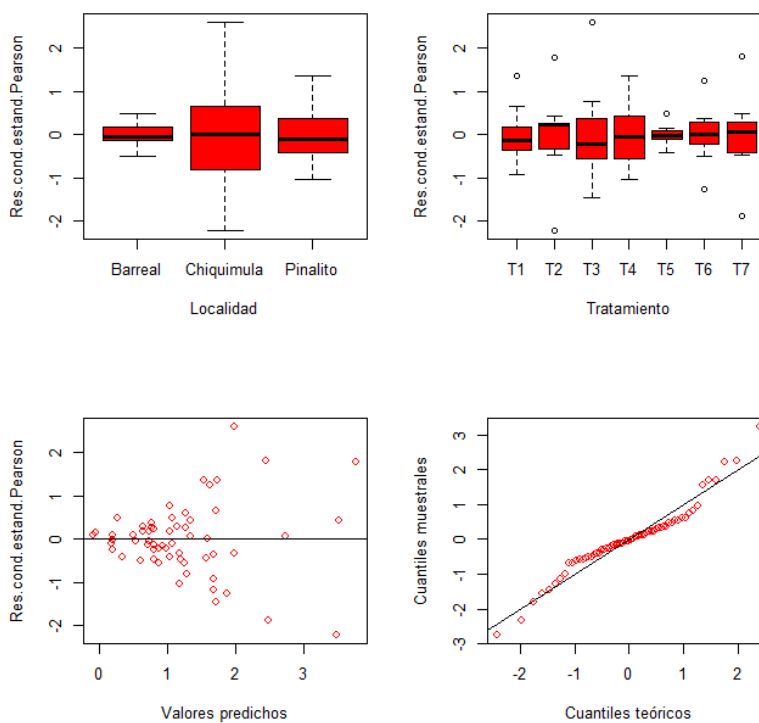
12. ANEXOS

Anexo 2: Herramientas gráficas para el diagnóstico de los supuestos para el modelo heterocedástico obtenido para los datos para la variable porcentaje de daño de la investigación sobre productos alternativos para el control de gorgojo obtenidos durante 6 meses de almacenamiento, Chiquimula, 2017.

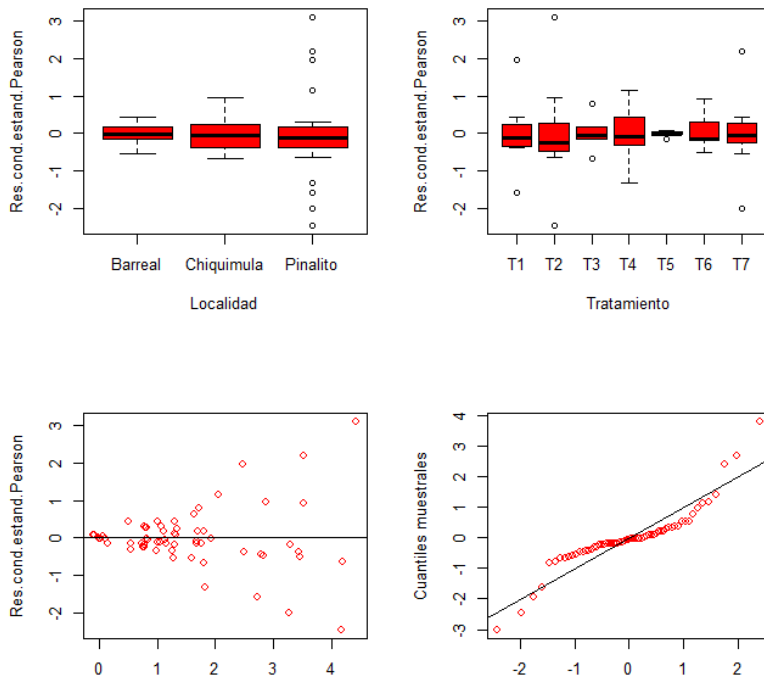
Supuestos estadísticos



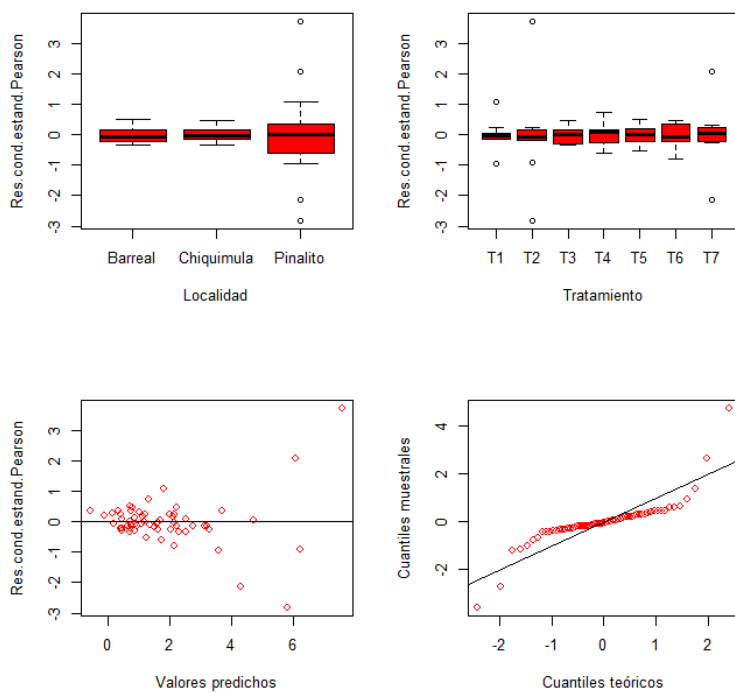
Supuestos estadísticos Muestreo 2



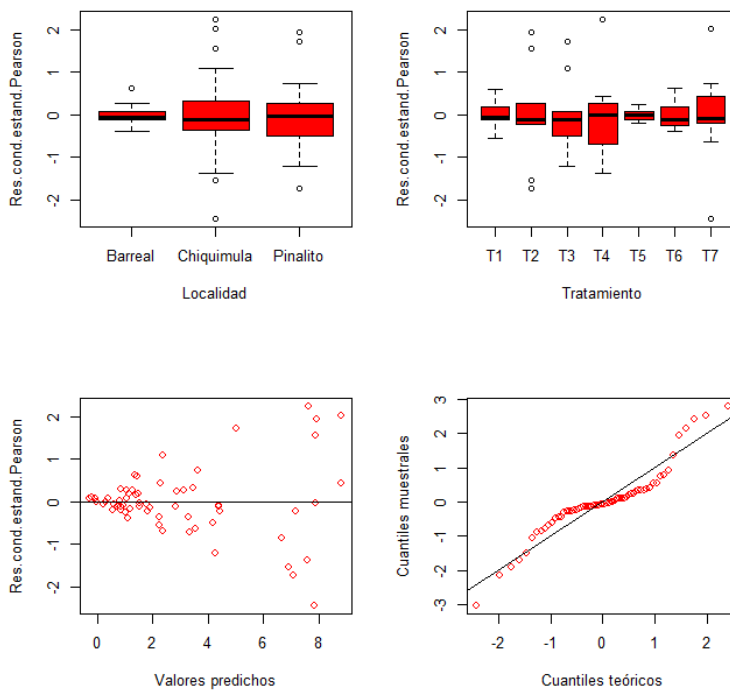
Supuestos estadísticos Muestreo 3



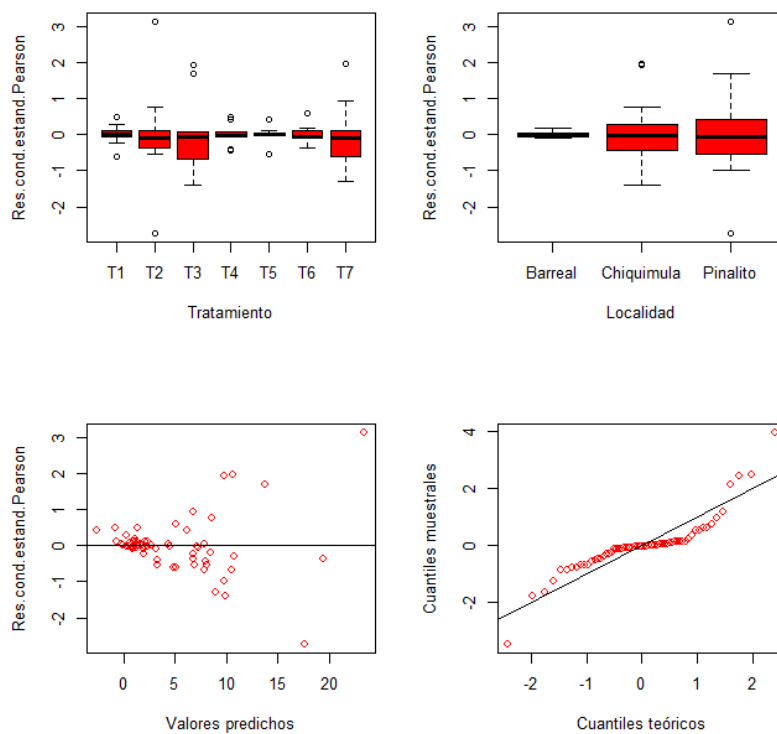
Supuestos estadísticos Muestreo 4



Supuestos estadísticos Muestreo 5

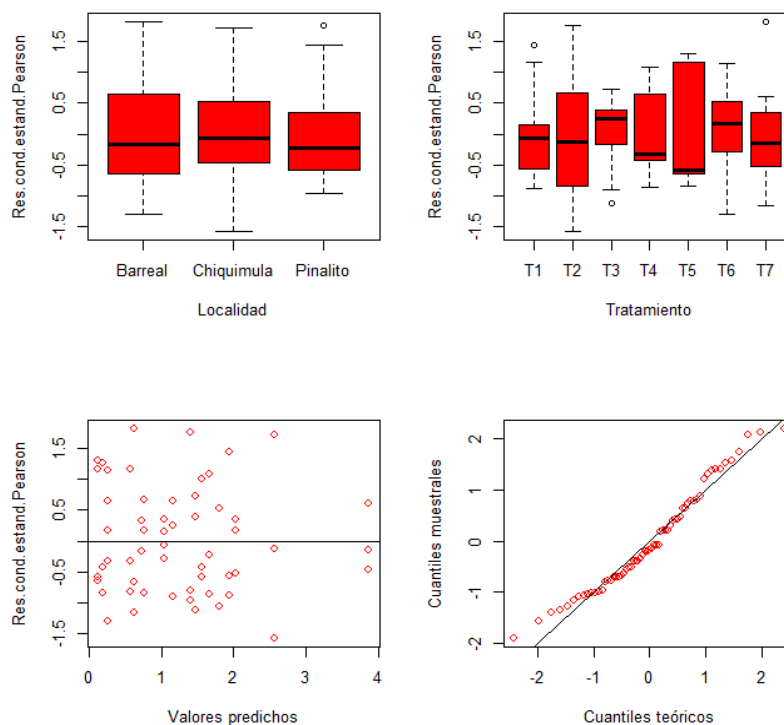


Supuestos estadísticos Muestreo 1

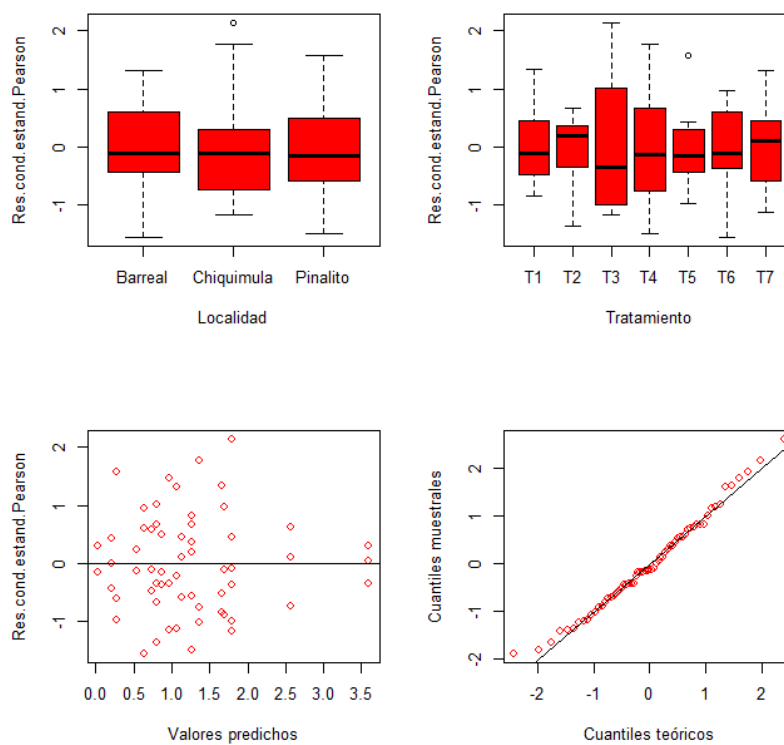


Anexo 3: Herramientas gráficas para el diagnóstico de los supuestos para el modelo homocedástico obtenido para los datos para la variable porcentaje de daño de la investigación sobre productos alternativos para el control de gorgojo obtenidos durante 6 meses de almacenamiento, Chiquimula, 2017.

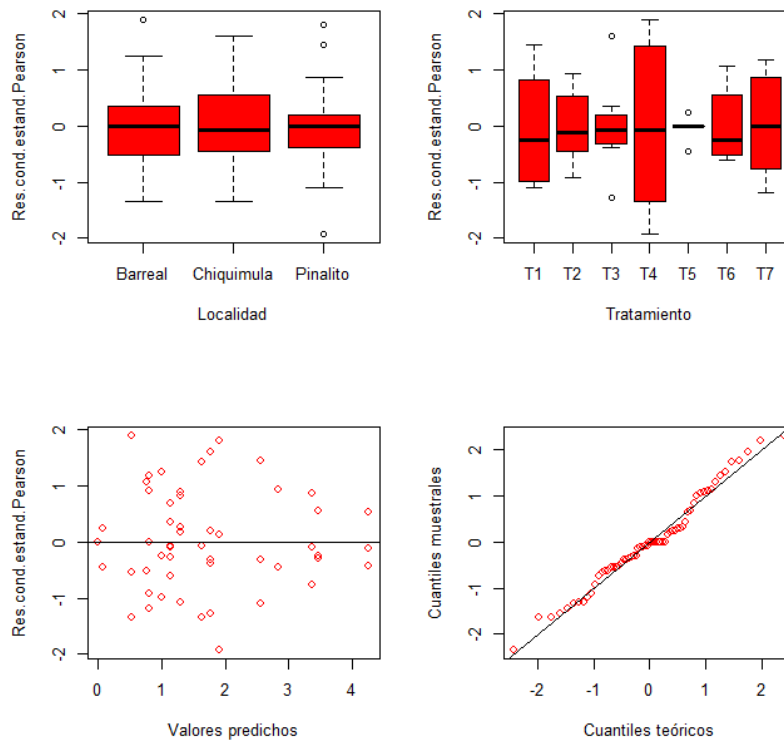
Supuestos estadísticos Muestreo 1



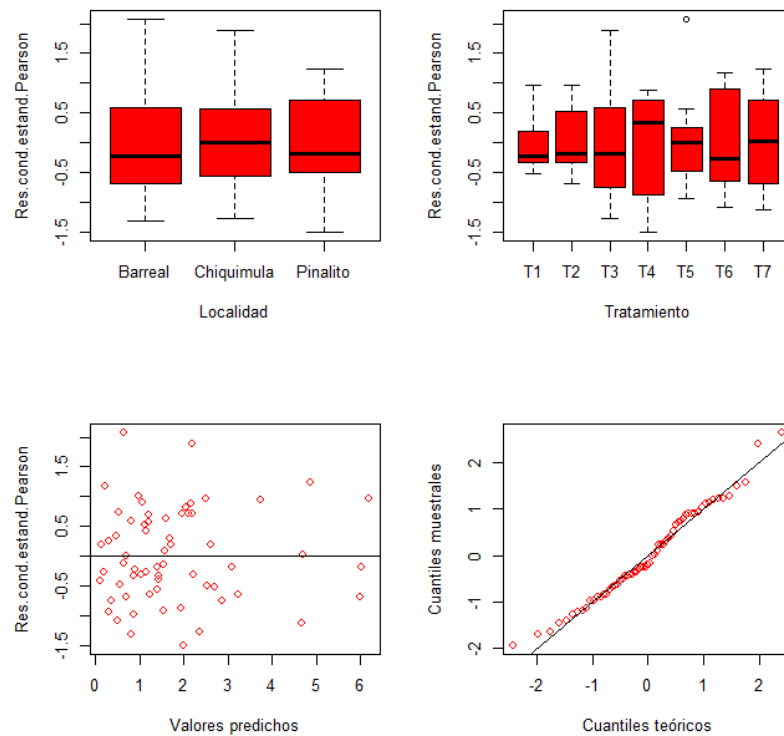
Supuestos estadísticos Muestreo 2



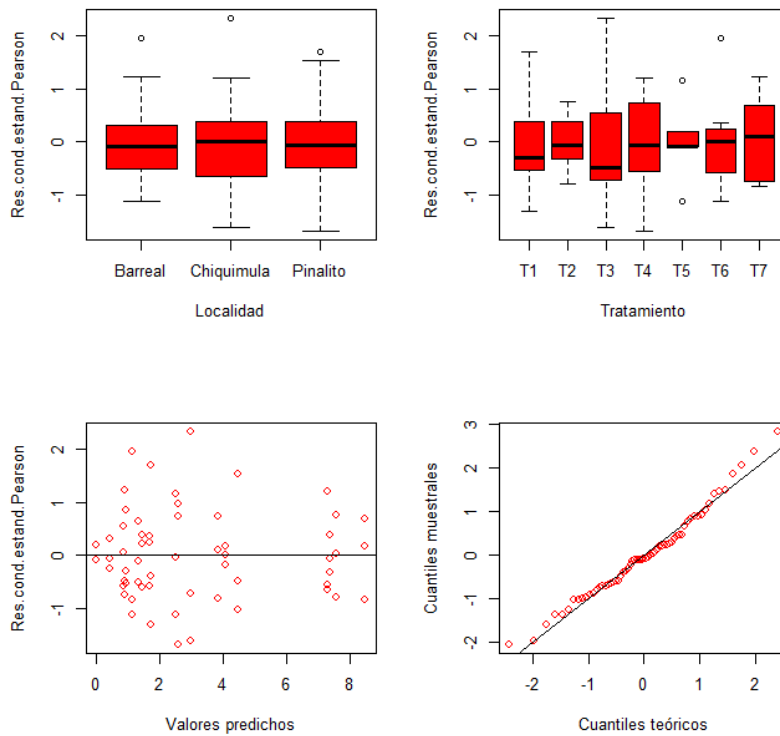
Supuestos estadísticos Muestreo 3



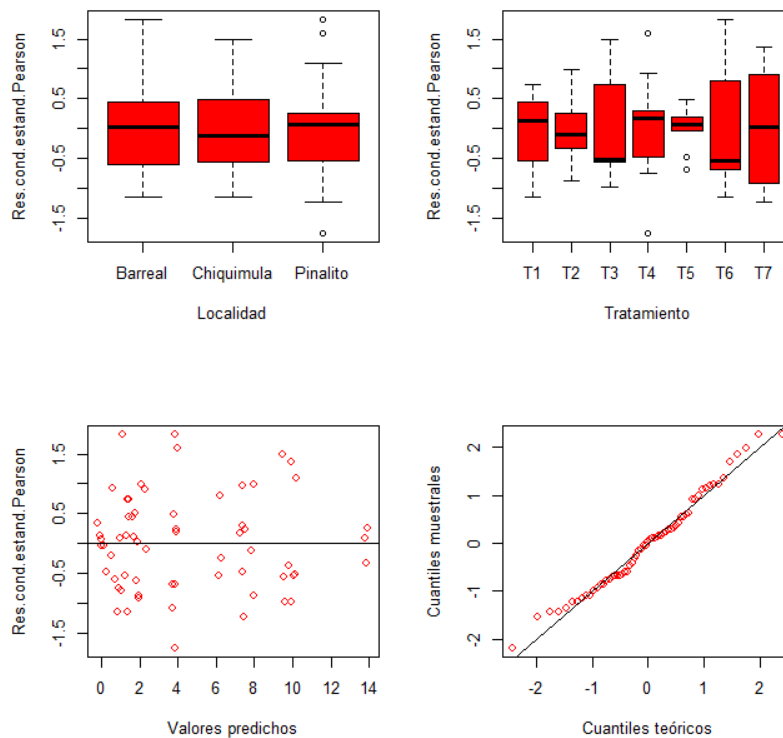
Supuestos estadísticos Muestreo 4



Supuestos estadísticos Muestreo 5

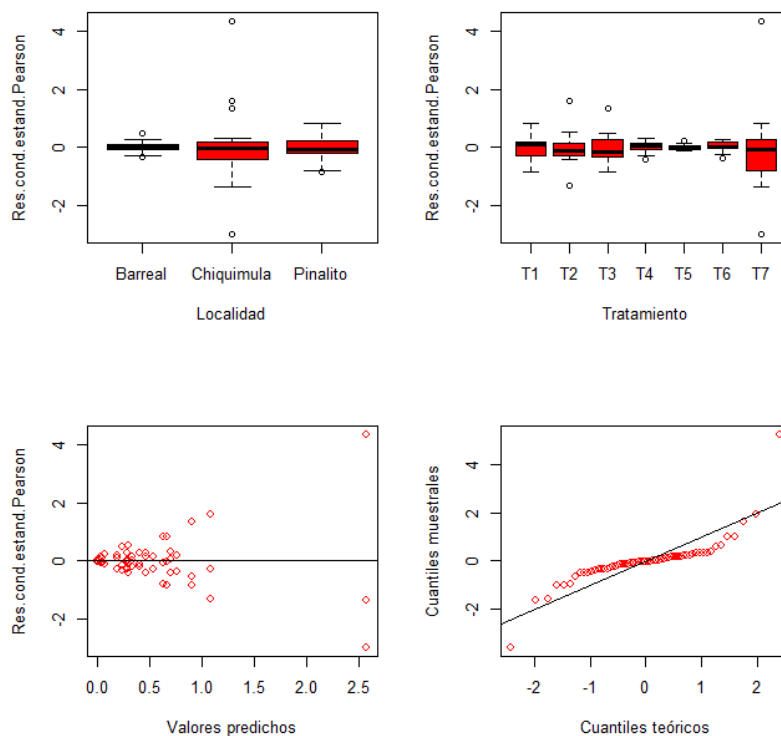


Supuestos estadísticos Muestreo 6

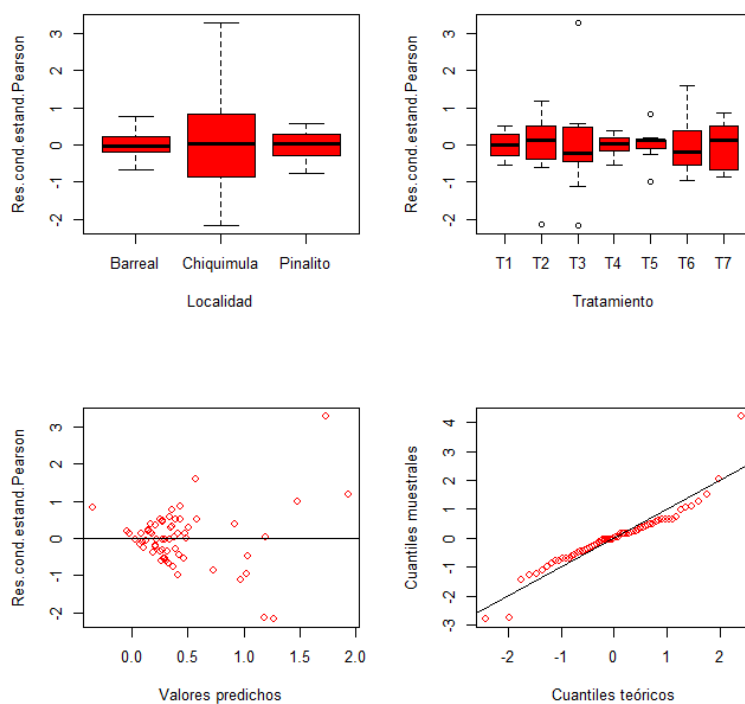


Anexo 4: Herramientas gráficas para el diagnóstico de los supuestos para el modelo heterocedástico obtenido para los datos de porcentaje de pérdida de la investigación sobre productos alterativos para el control de gorgojo obtenidos durante 6 meses de almacenamiento, Chiquimula, 2017.

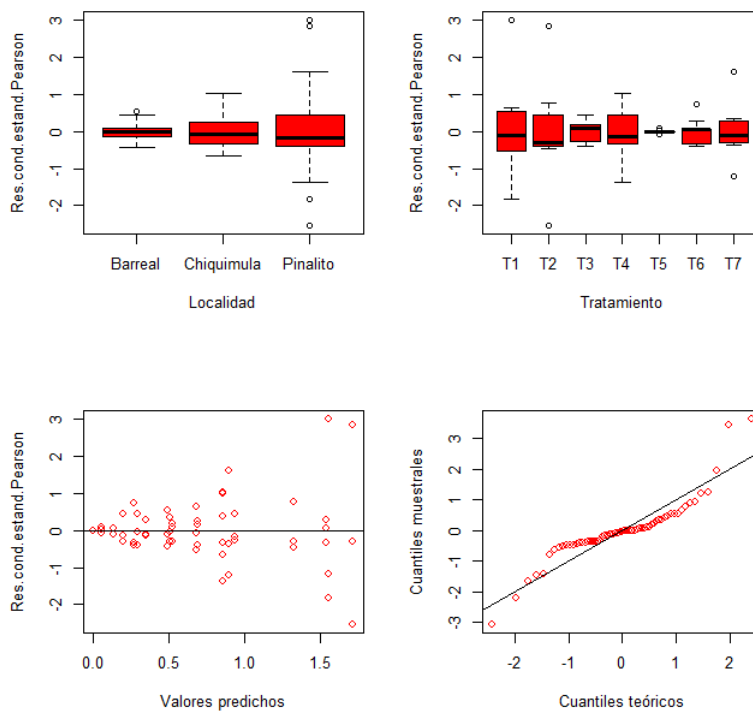
Supuestos estadísticos Muestreo 1



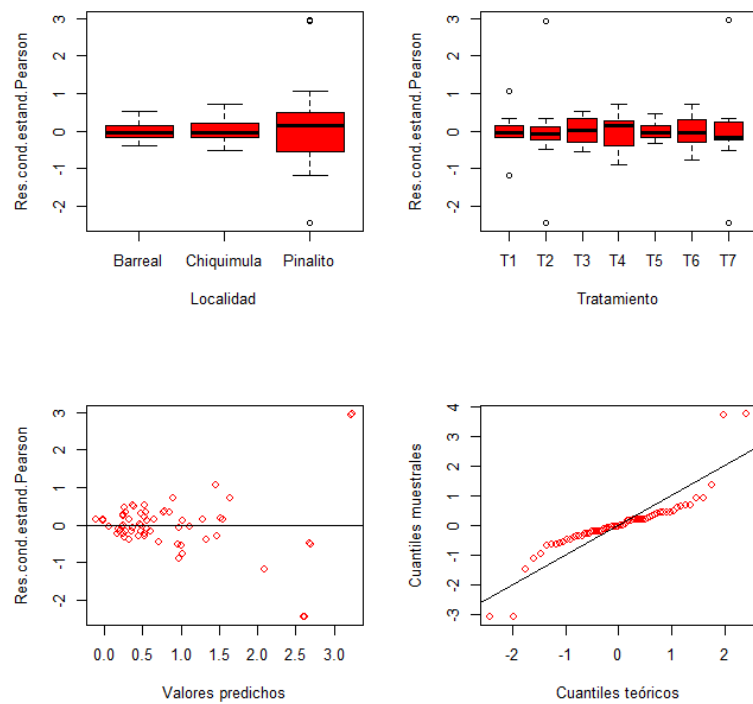
Supuestos estadísticos Muestreo 2



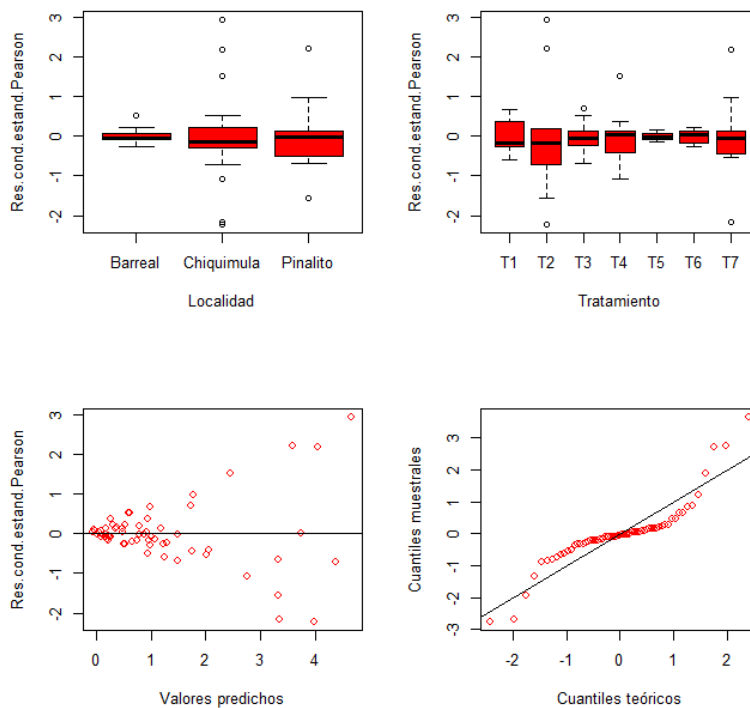
Supuestos estadísticos Muestreo 3



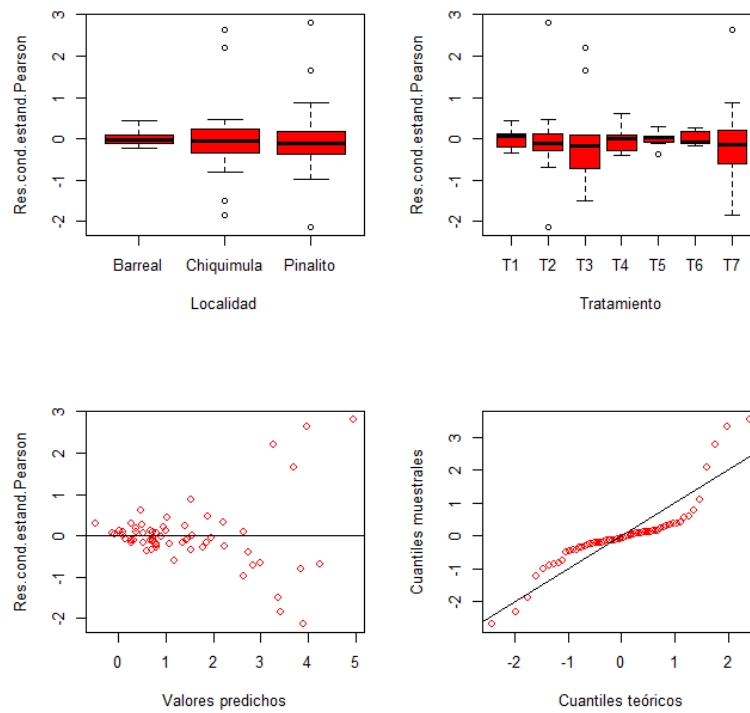
Supuestos estadísticos Muestreo 4



Supuestos estadísticos Muestreo 5

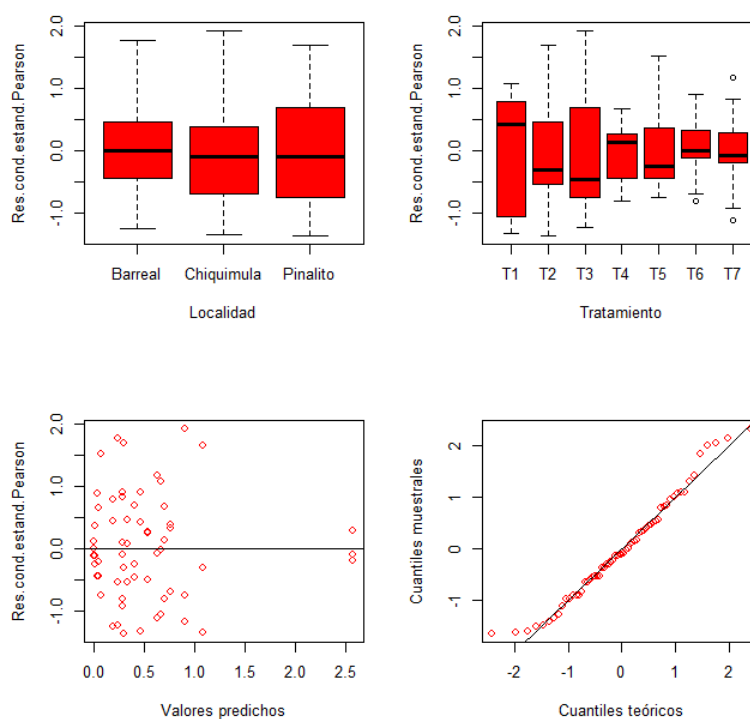


Supuestos estadísticos Muestreo 6

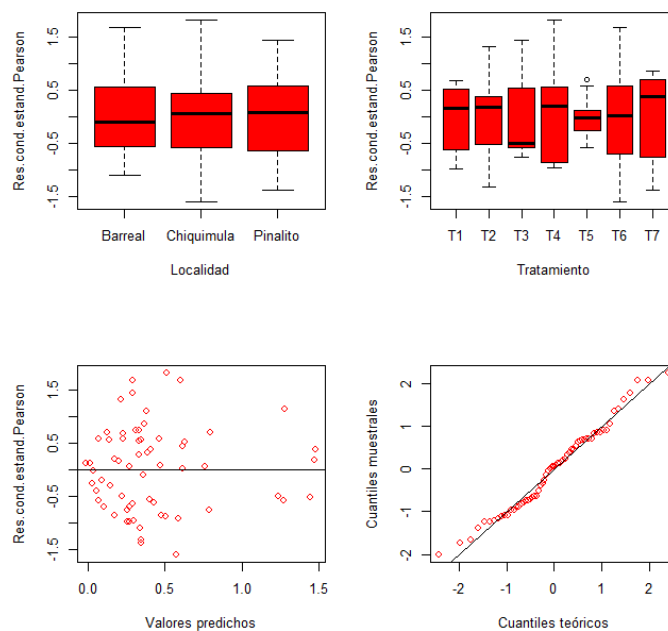


Anexo 5: Herramientas gráficas para el diagnóstico de los supuestos para el modelo homocedástico obtenido para los datos para la variable porcentaje de pérdida de la investigación sobre productos alternativos para el control de gorgojo obtenidos durante 6 meses de almacenamiento, Chiquimula, 2017.

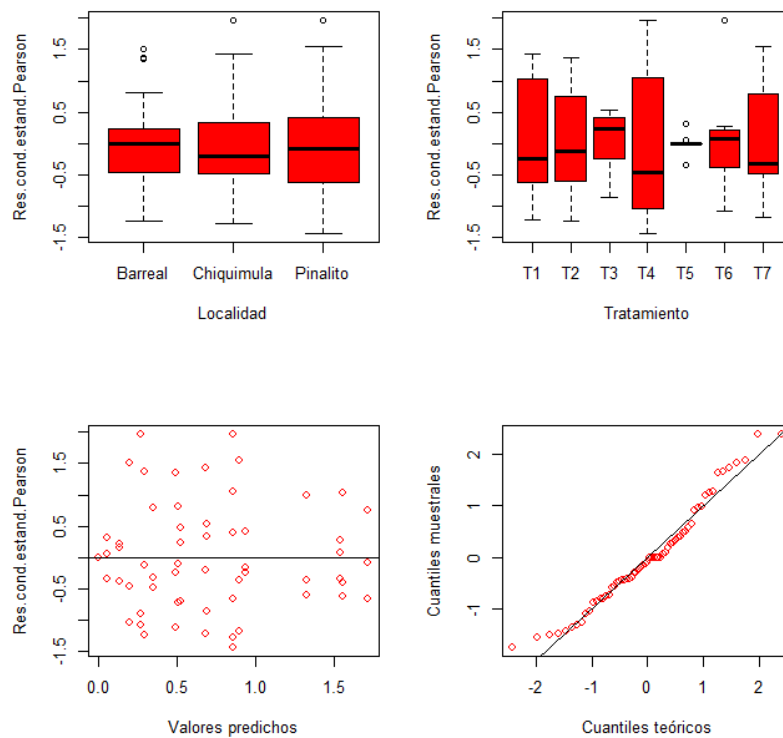
Supuestos estadísticos Muestreo 1



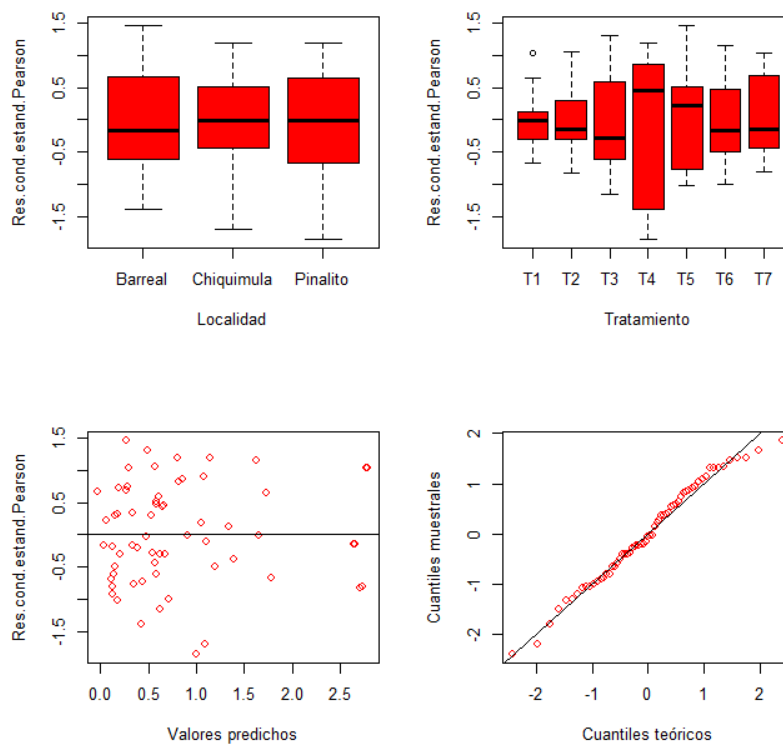
Supuestos estadísticos Muestreo 2



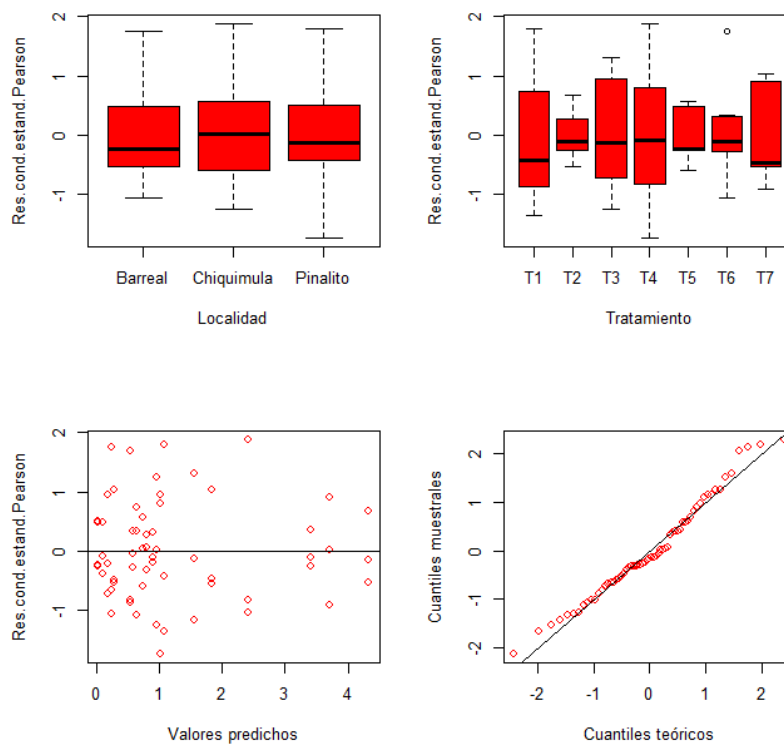
Supuestos estadísticos Muestreo 3



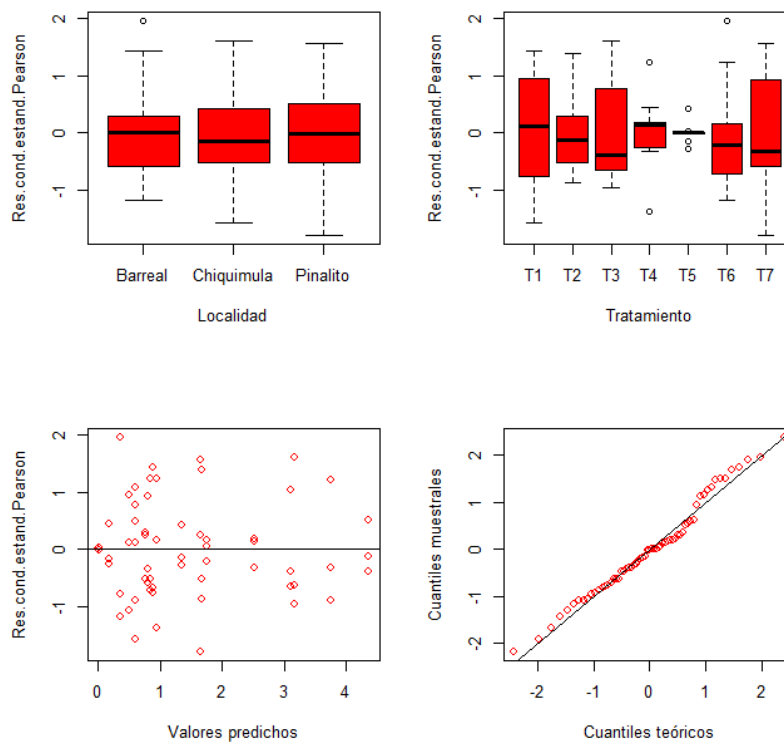
Supuestos estadísticos Muestreo 4



Supuestos estadísticos Muestreo 5



Supuestos estadísticos Muestreo 6



Anexo 6. Prueba de medias para la variable porcentaje de daño de los tratamientos, de la investigación sobre productos alterativos para el control de gorgojo obtenidos durante 6 meses de almacenamiento, Chiquimula, 2017.

Muestreo 1

Tratamiento Medias E.E.

T7	2.18	0.67	A
T2	1.58	0.28	A
T1	1.18	0.21	A
T4	1.17	0.20	A
T3	1.12	0.16	A
T6	1.03	0.18	A
T5	0.16	0.08	B

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

Muestreo 2

Tratamiento Medias E.E.

T2	1.89	1.12	A
T7	1.59	0.45	A
T1	1.40	0.28	A
T3	1.19	0.24	A
T6	1.07	0.22	A
T4	1.06	0.20	A
T5	0.17	0.08	B

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

Muestreo 3

Tratamiento Medias E.E.

T2	2.63	1.29	A
T7	1.82	0.57	A
T6	1.79	0.37	A
T1	1.62	0.29	A
T3	1.56	0.19	A
T4	1.36	0.18	A
T5	0.02	0.05	B

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

Muestreo 4

Tratamiento Medias E.E.

T2	3.00	1.37	A
T7	2.44	0.68	A
T1	1.80	0.26	A
T3	1.63	0.20	A
T4	1.62	0.21	A
T6	1.60	0.18	A
T5	0.48	0.14	B

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

Muestreo 5Tratamiento Medias E.E.

T2	5.43	3.43	A
T7	4.42	1.86	A
T4	3.44	1.16	A
T3	2.79	0.75	A
T6	2.32	0.42	A
T1	1.39	0.26	B
T5	0.87	0.20	B

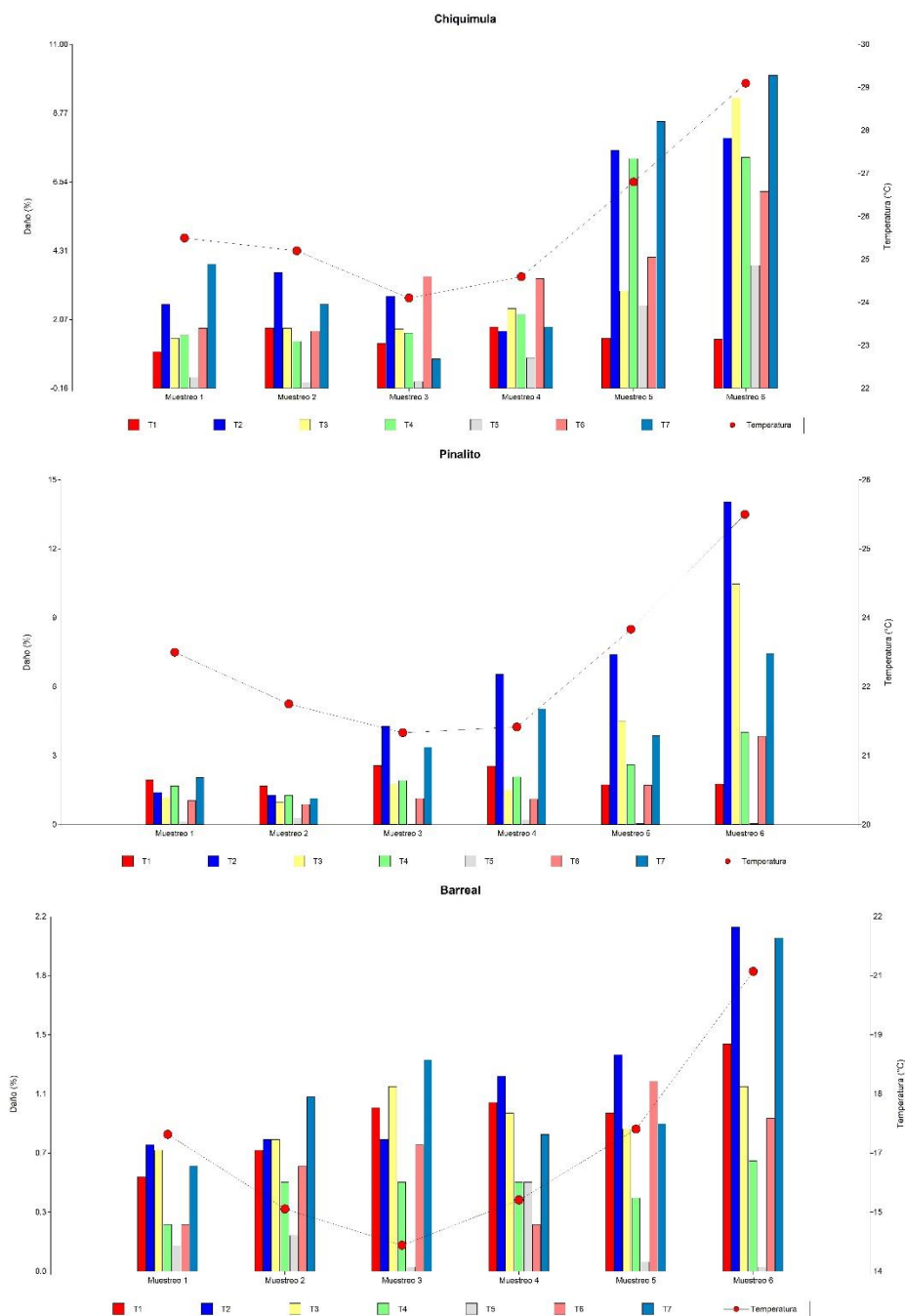
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Muestreo 6Tratamiento Medias E.E.

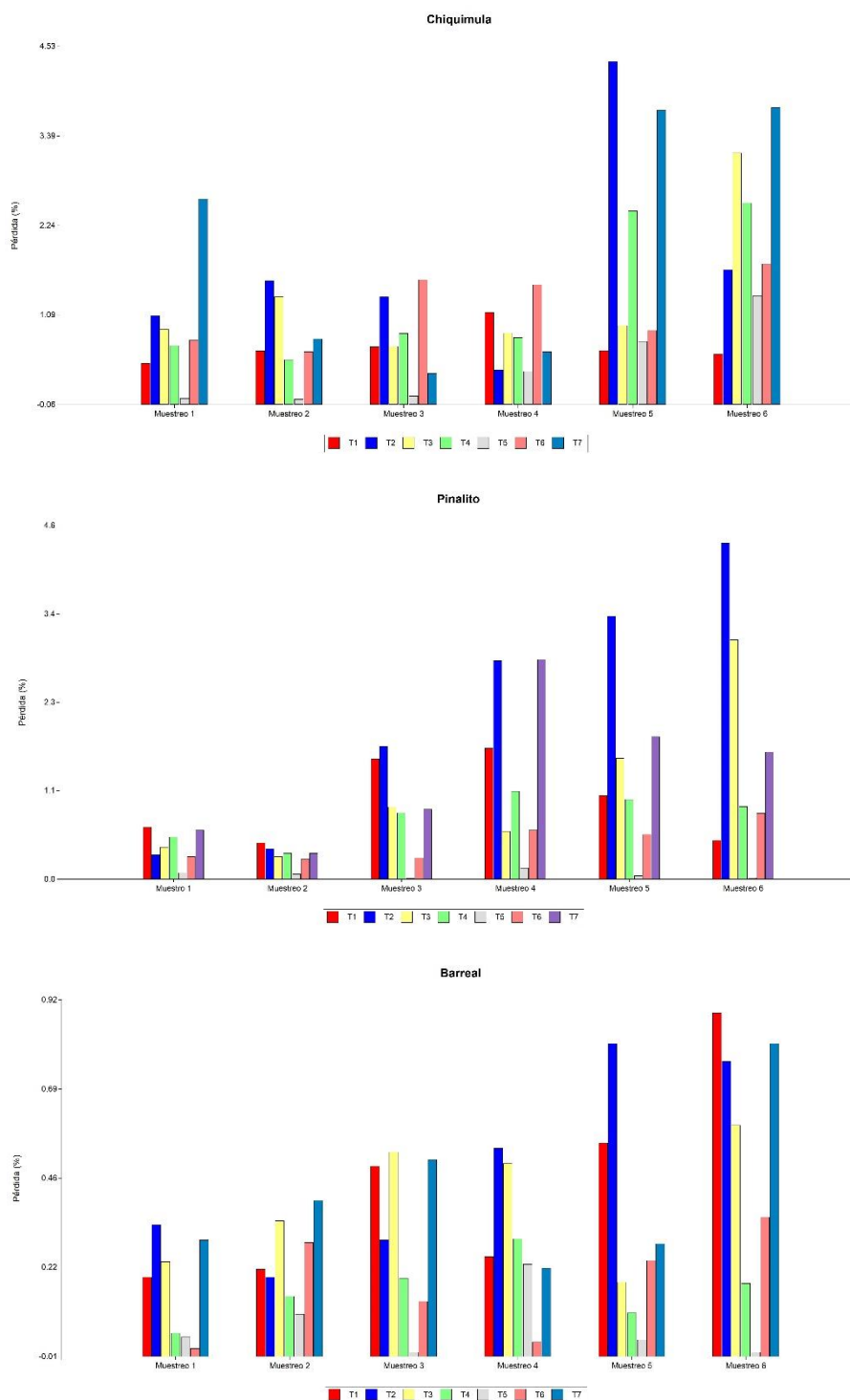
T2	7.98	7.65	A
T3	6.93	2.81	A
T7	6.47	2.01	A
T4	3.98	0.90	A
T6	3.62	0.68	A
T1	1.53	0.26	B
T5	1.30	0.34	B

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

Anexo 7. Comparación del porcentaje de daño y temperatura de cada tratamiento en 3 localidades, de la investigación sobre productos alterativos para el control de gorgojo obtenidos durante 6 meses de almacenamiento, Chiquimula, 2017.



Anexo 8. Comparación del porcentaje de daño de cada tratamiento en 3 localidades, de la investigación sobre productos alternativos para el control de gorgojo obtenidos durante 6 meses de almacenamiento, Chiquimula, 2017.



Anexo 9. Actividades realizadas durante el desarrollo de la investigación



Fotografía 1. Aplicación de los tratamientos al grano antes del almacenamiento en los silos metálicos.



Fotografía 2. Instalación de ensayo en la localidad ubicada en la Aldea El Barreal.



Fotografía 3. Muestreo mensual de grano para de los silos para posterior cuantificación de variables respuesta.



Fotografía 4. Conteo de granos dañados por gorgojo del maíz para el cálculo del porcentaje de daño y pérdida.



Fotografía 5. Sondeo organoléptico para determinar características de olor de grano, sabor y olor de tortilla en Aldea El Barreal.

