

Valoración de métodos alternativos en el control de *Sitophilus spp* en sorgo

Evaluation of Alternative Methods in the Control of *Sitophilus spp* in Sorghum



<https://cu-id.com/2284/v14n3e05>

Carlos M. Martínez-Hernández^{I*}, Marcos A. Rodríguez-Beltrán^I,
 Hans Oechsner^{II}, Orlando M. Saucedo-Castillo^I

^IUniversidad Central “Marta Abreu” de las Villas, Santa Clara, Villa Clara, Cuba.

^{II}Universidad de Hohenheim, Instituto de Ingeniería Agrícola y Bioenergía, Stuttgart, Alemania.

RESUMEN: El trabajo consistió en la valoración de dos métodos alternativos para la eliminación de (*Sitophilus spp*). Se evaluaron seis tratamientos y un control con tres réplicas cada uno, el grano objeto de estudio fue el sorgo (*Sorghum bicolor* (L) Moench), cultivar UDG-110. Las variantes estudiadas fueron: seis tratamientos, tres tratamientos con diferentes dosis de metano (20 mL, 40 mL, 60 mL) y tres tratamientos con diferentes dosis de zeolita (25,437 g, 46,814 g, 67,028 g) y un control. En todos los casos se utilizaron tres réplicas. Todos los tratamientos fueron ejecutados dentro de jeringas de cristal (100 mL). La aplicación de metano fue mediante inyección letal con las dosis especificadas en los respectivos tratamientos. Las pruebas se llevaron a efecto en paralelo en dos laboratorios (laboratorio de biogás, Universidad de Hohenheim), Alemania y (laboratorio de Entomología), de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de control de estos dos tratamientos alternativos en la plaga estudiada y su efecto en los granos objeto de estudio. El estudio comparado entre ambos laboratorios permitió observar la viabilidad de este tipo de investigación. Se presentaron variaciones respecto al efecto del metano como agente aniquilador entre ambos laboratorios. En el laboratorio de Biogás de Hohenheim se obtuvo con el tratamiento 6 (metano) el mejor control (67 %); mientras que el laboratorio de Entomología, el mejor control se presentó con el tratamiento 3, (27,00 %). El peor comportamiento se presentó con el tratamiento 1 (zeolita) el cual registró solamente el 19 % de control. En las pruebas de germinación en los tratamientos que utilizaron metano, solo el tratamiento 5 con (73%), supero al control (70%).

Palabras clave: tratamientos, plaga, dosis, metano, zeolita.

ABSTRACT: The work consisted of the evaluation of two alternative methods for the elimination of (*Sitophilus spp*). Six treatments and one control were evaluated with three replicates each, the grain under study was sorghum (*Sorghum bicolor* (L) Moench), cultivar UDG-110. The variants studied were: six treatments, three treatments with different doses of methane (20 mL, 40 mL, 60 mL) and three treatments with different doses of zeolite (25.437 g, 46.814 g, 67.028 g) and a control. In all cases three replicates were used. All treatments were carried out in glass syringes (100 mL). The application of methane was by lethal injection with the doses specified in the respective treatments. The tests were carried out in parallel in two laboratories (biogas laboratory, University of Hohenheim), Germany and (Entomology laboratory), of the Faculty of Agricultural Sciences of the Central University “Marta Abreu” of Las Villas. The objective of the research was to evaluate the control effect of these two alternative treatments on the pest studied and its effect on the grains under study. The comparative study between both laboratories allowed us to observe the viability of this type of research. There were variations regarding the effect of methane as an annihilating agent between both laboratories. In the Hohenheim Biogas laboratory, the best control (67%) was obtained with treatment 6 (methane); while in the Entomology laboratory, the best control was presented with treatment 3, (27.00 %). The worst behavior occurred with treatment 1 (zeolite), which registered only 19% control. In the germination tests in the treatments that used methane, only treatment 5 with (73%) surpassed the control (70%).

Keywords: Treatments, Pest, Dose, Methane, Zeolite.

*Autor para correspondencia: Carlos M. Martínez-Hernández, e-mail: carlosmh@uclv.edu.cu

Recibido: 10/01/2024

Aceptado: 14/06/2024

INTRODUCCIÓN

La presencia de plagas incide de forma directa sobre las condiciones de almacenaje, afectan el transporte y la conservación de los productos y alteran las condiciones de los mercados. Esta situación afecta casi la totalidad de los procesos involucrados en las cadenas productivas y compromete, de esta manera, la seguridad alimentaria.

De acuerdo con [García et al. \(2007\)](#), varios son los factores que ocasionan el deterioro de los alimentos almacenados y por ende pérdidas económicas cuantiosas. Mundialmente estas pérdidas oscilan entre el 5 y el 30 % del peso total de granos; pero entre el 5 y el 10 % de estos daños son causados directamente por los insectos plagas, valoradas económicamente entre 162 y 475 millones de dólares a nivel mundial. Por tal motivo es primordial la detección temprana de un plagamiento (infestación por plagas), a fin de controlar a tiempo las infestaciones incipientes y disminuir los efectos negativos sobre la seguridad alimentaria de la población.

En Cuba, la entomofauna asociada a almacenes de alimentos ha sido informada por varios investigadores [García et al. \(2007\)](#) entre ellas, se destacan como coleópteros: *Sitophilus oryzae* (L), *Rhizopertha dominica* (F), *Orizaephilus surinamensis* (L), *Tribolium castaneum* (Hbst), *Acantoscelides obtectus* (Say), *Lasioderma serricorne* (F), y lepidópteros como *P. interpunctella* Hubner, *C. cephalonica* Stainton. En la provincia “Las Tunas”, Cuba durante los años 2006 a 2013, se cuantificaron afectaciones en arroz, chícharo, frijol, lenteja, garbanzo y otros granos almacenados debido al ataque de insectos plaga.

Según [Romero \(2007\)](#), las plagas en productos alimentarios almacenados, ya sean materias primas, productos semiprocesados o alimentos elaborados, pueden provocar importantes daños. Por una parte, pueden provocar la disminución de la calidad organoléptica del producto o directamente su pérdida. Por otra parte, hay que añadir un posible problema de seguridad alimentaria, ya que la presencia de estos insectos, o restos de ellos, en el producto puede provocar alergias o enfermedades a los consumidores finales.

La mayoría de los alimentos afectados son productos desecados de origen vegetal, como por ejemplo los cereales, las legumbres, los frutos secos, el cacao o las especias. Aunque estas plagas pueden aparecer en las diferentes fases del proceso de elaboración y distribución de los alimentos, los principales puntos críticos se dan en los almacenes y silos de materia prima, en las instalaciones donde se elaboran los alimentos y en los almacenes de producto acabado.

La mejor manera de evitarlas es implementar un Programa de Control Integrado de Plagas en la empresa, que de manera proactiva y holística de

prioridad a la prevención de este problema mediante inspecciones, monitorización y medidas exclusión e higiene que eviten el desarrollo de infestaciones.

Sin embargo, además de contar con los servicios de profesionales del control de plagas, es importante entender qué tipo de plagas podemos encontrar en los alimentos almacenados y saber reconocer los indicios de su presencia en las instalaciones. De acuerdo con [Soca et al. \(2015\)](#), en los últimos tiempos la zeolita ha sido utilizada para diferentes usos, entre los cuales se reportan los siguientes;

Absorción: La zeolita se usa para la absorción de una gran variedad de materiales. Esto incluye aplicaciones en secado, purificación y separación.

Intercambio de iones: Esta propiedad permite su aplicación como ablandadores de agua, y el uso de zeolitas en detergentes y jabones ([LennteCh, 2021](#)).

Por otra parte, [Romero \(2007\)](#), reporta que la tierra de diatomeas es una forma de Control físico de los insectos-plagas. Cuando los insectos-plaga entran en contacto con este polvo sufren deshidratación y mueren. Debido a que su efecto es la desecación, la eficacia se reduce cuando se incrementa la humedad relativa. Aplicaciones de este producto en granos secos después de la cosecha ha mostrado los mejores resultados. Según [Fariás \(2005\)](#), almacenar el grano por debajo de los 15 °C retarda el desarrollo y reproducción del mayor número de plagas. Así también, a más de 35 °C se elimina a muchos insectos plaga. La gran mayoría de los insectos en granos almacenados no pueden vivir con menos de 10 % de humedad, siendo un 14 % o más de humedad, especialmente adecuado para la actividad y reproducción de insectos - plaga.

Con la situación económica del país y ante el reforzamiento del bloqueo de los Estados Unidos de Norteamérica contra Cuba en el último cuatrienio, se ha hecho difícil importar insecticidas químicos para la mayoría de los granos básicos (maíz, frijol, soya, sorgo) que se cosechan en el territorio, los cuales son de relevante importancia en la alimentación humana y animal. Ante esta problemática: ¿Será posible a través de métodos alternativos de control de plagas y enfermedades, resolver este problema? Sobre esta base, se planteó como objetivo: Determinar el efecto de dos tratamientos alternativos para el control y la eliminación de *Sitophilus spp* en sorgo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Montaje del set de investigación a escala de laboratorio

Para los experimentos fue necesario:

Para el montaje del set de investigación a escala de laboratorio (inyección letal de metano) y (utilización de zeolita) se utilizaron dos laboratorios (laboratorio de Biogás de la Universidad de Hohenheim, Alemania

y el laboratorio de Entomología de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas. Se fomentó una cría de gorgojos (*Sitophilus spp*) utilizando maíz para su reproducción. Los gorgojos fueron sexados por parejas, a partir del mes de febrero, 2023. Los experimentos en Cuba se efectuaron a partir del 10 de abril, 2023. La cosecha del cultivo indicador (sorgo) y su procesamiento se efectuó a partir del 10 de septiembre, 2023. En Alemania, los experimentos se efectuaron entre septiembre- noviembre, 2023. Allí solo se valoraron los tratamientos con metano.

Detalles del set de investigación pueden ser apreciados en las Figuras 1, 2, 3 y 4.

Materiales

Los otros materiales usados en el presente trabajo investigativo son: granos de sorgo;

- Bolsa de metano;
- Gorgojos (*Sitophilus spp*);
- Jeringas de cristal (100 mL);
- Zeolita con una granulometría de 0,5 mm (en polvo);
- Sorgo del “cultivar” UDG-110.

Toma de muestras iniciales

Se colectaron tres bolsas de metano en el biodigestor “Niosbany” y 200 g de zeolita en nuestra Universidad (UCLV). La pureza del metano colectado no pudo ser cuantificada por no contar con un analizador de gases. En el caso de Alemania el metano utilizado presentó un 66 % de pureza. Estos materiales se llevaron a los laboratorios de Entomología pertenecientes al CIAP, de nuestra Universidad para su valoración. En estos laboratorios se prepararon 21 muestras: divididas en seis tratamientos y un control con tres réplicas por tratamiento. En cada tratamiento (T1, T2, T3, T4, T5 y T6), se colocaron dos parejas de gorgojos (*Sitophilus spp*) más 11,570 g de granos de sorgo cultivar UDG-110 con sus respectivos diseños experimentales a valorar. En el tratamiento control (Tc), se colocaron 11,570 g de sorgo cultivarUDG-110 más las dos parejas de gorgojos. En el control, permanecerán sin la aplicación de metano, y sin la aplicación de la capa de zeolita.

Cálculo del volumen de metano a inocular y del espesor de la capa de zeolita a utilizar

Para el cálculo del contenido de metano a inocular se procedió de la forma siguiente:

Se procedió a determinar la cantidad de gas a inyectar, para lo cual fue necesario realizar los cálculos necesarios manteniendo como premisa la



(Fuente: archivo del autor).

FIGURA 1. Base de colocación de las jeringas en las variantes experimentales evaluadas. UCLV.



(Fuente: archivo del autor)

FIGURA 2. Detalles de la parte inferior de las jeringas donde se aprecian los tratamientos y las réplicas de variantes que utilizaron zeolita. UCLV.



(Fuente: archivo del autor)

FIGURA 3. Detalles de los diferentes tratamientos y sus réplicas que utilizaron metano. UCLV.

dosis de fósforo de hidrógeno que se inocula en los silos metálicos a escala real (3 g de fósforo de hidrógeno por cada 181.4 kg de granos a tratar). En este sentido se comienza calculando la densidad del metano por la [expresión 1](#):

$$(CH_4) = 0,717kg \cdot m^{-3} (0,000717 g \cdot mL^{-1}) \quad \text{ec. 1}$$

Conociendo la masa de granos en el interior del tubo de ensayo (12 g), por simple regla de tres se determina la masa equivalente de fósforo de hidrógeno mediante la [expresión 2](#):

$$3 g \text{ fósforo de hidrogeno} \rightarrow 181\,400 g$$

$$x \text{ fósforo de hidrogeno} \rightarrow 12 g$$

entonces:

$$x \text{ fósforo de hidrogeno equivalente} = 0,00019 g$$

Sustituyendo en la [expresión 2](#) (densidad del metano), tenemos que:

$$\gamma_{CH_4} = \frac{m}{v} \quad \text{ec. 2}$$

$$v(CH_4) = \frac{0,00019g}{0,000717g \cdot mL^{-1}}$$

$$v(CH_4) = 0,0003 m$$

Este valor representa la dosis (volumen) de metano mínimo según cálculo que debe ser aplicado como inyección letal para eliminar los gorgojos en el interior de los tubos de ensayos. En este caso, teniendo en cuenta los resultados reportados por [Martínez et al. \(2023\)](#) serán objeto de estudio una dosis mínima (20 mL), una dosis media (40 mL) y una máxima (60 mL).

Para el cálculo del espesor de la capa de zeolita a colocar en cada tubo de ensayo, se probó con diferentes espesores, un espesor mínimo 20 mL (25,433 g), un medio 40 mL (46,814 g) y uno máximo 60 mL (67,028 g), en todos los casos la zeolita utilizada tiene granulometría de 0,5 mm. Las jeringas utilizadas como tubos de ensayos tienen un volumen de 100 mL.

Análisis físico - químico de los granos a inocular

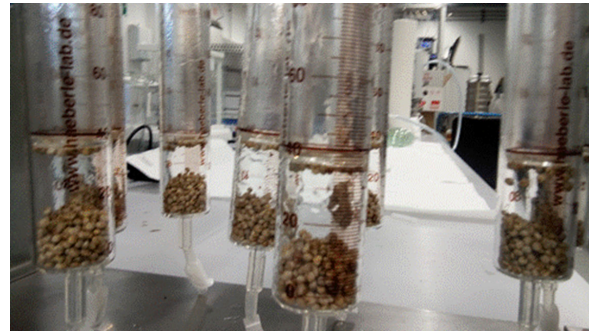
Los granos a inocular (sorgo), fueron analizados respecto a sus propiedades físico- mecánicas y químicas. Estas pruebas fueron ejecutadas en los laboratorios de Bromatología (Facultad de Ciencias Agropecuarias) y en el laboratorio de la Facultad Química- Farmacia de nuestra Universidad (UCLV).

Eficiencia de la aniquilación de plagas mediante inyección letal de metano

Para la valoración de la eficiencia de la aniquilación mediante la inyección letal de metano se aplicó la fórmula de [Abbott \(1925\)](#). La cual se describe en la [expresión 3](#).

Mortalidad corregida

$$M_c = \left(\frac{\text{Mortalidad en los tratamientos} - \text{Mortalidad en el control}}{100 - \text{Mortalidad en el control}} \right) \cdot 100 \quad \text{ec. 3}$$



(Fuente: archivo del autor)

FIGURA 4. Detalles de los diferentes tratamientos y sus réplicas que utilizaron metano. Universidad de Hohenheim.

Eficiencia de la aniquilación de plagas mediante la utilización del sustrato zeolita

En esta variable se estudió la eficiencia de la aniquilación de la plaga objeto de estudio utilizando los tratamientos con zeolita.

Determinación de las pérdidas de granos

Para la evaluación de las pérdidas de granos se utilizó la [expresión 4](#).

Pérdidas de granos:

$$P = \left(\frac{U_a N - (U + D) \cdot 100}{U_a N} \right) \quad \text{ec. 4}$$

donde:

U_a- peso promedio de un grano no deteriorado (g);

N- número total de granos de la muestra;

D- peso de la parte deteriorada de la muestra (g);

U- peso de la parte no deteriorada de la muestra (g).

Pruebas de germinación en los granos tratados con los diferentes tratamientos utilizados

Anterior al proceso de aniquilación utilizando ambos tratamientos alternativos, se determinó en placas Petri (tres réplicas) del cultivo indicador (sorgo), en sustrato de algodón, el porcentaje de germinación del grano a investigar. Se plantaron 10 semillas de sorgo por placa Petri, se realizó un riego inicial con 60 mL de agua destilada por placa Petri, se aplicó un riego intermedio con 60 mL al tercer día de montado el experimento y se esperó un plazo de 8 días para realizar el cálculo del porcentaje de germinación del cultivo indicador. Posteriormente una vez culminado los sets de investigación mediante inyección letal de metano en los respectivos tratamientos con sus réplicas, se repitió la prueba de germinación en placas Petri con el cultivo indicador sorgo, cultivar UDG-110, contrastando ambos resultados obtenidos. En este caso se sembraron cinco semillas por placas Petri, incluyendo el tratamiento cero (control).

Para lo anterior, se siguieron los protocolos y procedimientos establecidos por las normas (NC-38: 1999, 1999; NC-51: 1999, 1999; NC-52: 1999, 1999; NC-ISO-10390: 1999, 1999; NC-ISO-11469: 1999, 1999; NRAG-279: 1980, 1980).

Para el procesamiento de los datos estadísticos se utilizó el paquete de programas profesional *STATISTICA*, Versión 7 sobre Windows XP.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de la eficiencia de los tratamientos mediante inyección letal de metano

En la [Tabla 1](#), se presentan la eficiencia de los tratamientos por inyección letal de metano.

Del análisis de la [Tabla 1](#), se pudo observar que el aumento de la dosis reportó una ligera mejora en la mortalidad del insecto-plaga. Sin embargo, contrastando con los resultados obtenidos por [Martínez et al., \(2023\)](#), la cual obtuvo 4,16%, 8,33%, 0%, en los respectivos tratamientos evaluados con metano, los resultados mejoran, pero aun no pueden catalogarse como buenos. Se debe destacar que la aplicación de pasta de silicona a los émbolos de las jeringas provocó un sellaje entre el embolo y la jeringa que propicia que el gas metano le sea muy difícil escapar de la jeringa una vez que la misma es cerrada con su respectiva llave de paso acoplada a la manquera plástica que la une a la jeringa. Aplicando la fórmula de [Abbott \(1925\)](#) se tiene que:

Mortalidad corregida (Fórmula de Abbott):

De acuerdo con la [expresión 3](#) se tiene que:

$$Mc4 = \left(\frac{\text{Mortalidad tratamientos} - \text{Mortalidad en el control}}{100 - \text{Mortalidad en el control}} \right) \cdot 100$$

$$Mc4 = \left(\frac{24 - 0}{100 - 0} \right) \cdot 100$$

$$Mc4 = 24\%$$

El mismo procedimiento se aplica en los tratamientos 5 y 6. Quedando:

$$Mc5 = 23\%$$

$$Mc6 = 27\%$$

De acuerdo con la expresión de Abbott. Los porcentos de aniquilación obtenidos con los tratamientos con metano no se pueden considerar buenos, aunque son mejores que los resultados obtenidos por [Martínez et al. \(2023\)](#). En la [Tabla 2](#) se presentan los resultados obtenidos de la eficiencia de la aniquilación con metano en la Universidad de Hohenheim.

Aplicando la fórmula de [Abbott \(1925\)](#) se tiene que: M4=66 %, M5=67% y M6=67%. Los resultados obtenidos en el laboratorio de Biogás de la Universidad de Hohenheim, se pueden catalogar de aceptables. Siendo superiores a los resultados obtenidos en el laboratorio de control de insectos de la UCLV, esto pudiera estar relacionado con la calidad del metano utilizado. Los resultados estadísticos de la aniquilación de gorgojos con zeolita y metano en el laboratorio de control de insecto de la UCLV, se pueden apreciar en las [Figuras 5 y 6](#).

TABLA 1. Eficiencia del tratamiento por inyección de metano. UCLV, Cuba

Tratamiento (dosis de aplicación, mL)	Eficiencia (% de eliminación)
T4- (20 mL CH ₄)	(24 %)
T5- (40 mL CH ₄)	(23 %)
T6- (60 mL CH ₄)	(27 %)

TABLA 2. Eficiencia del tratamiento por inyección de metano. Universidad de Hohenheim, Alemania

Tratamiento (dosis de aplicación, mL)	Eficiencia (% de eliminación)
T4- (20 mL CH ₄)	(65, 70%)
T5- (40 mL CH ₄)	(66, 66%)
T6- (60 mL CH ₄)	(67, 10%)

Variable	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Std. Dev.
T1. Porcentaje de mortalidad (%)	3	19.06667	19.00000	19.10000	0.05774
T2. Porcentaje de mortalidad (%)	3	25.00333	25.00000	25.01000	0.00577
T3. Porcentaje de mortalidad (%)	3	24.00333	24.00000	24.01000	0.00577
Tc. Porcentaje de mortalidad (%)	3	17.80667	8.33000	33.33000	13.56255
T4. Porcentaje de mortalidad (%)	3	24.00667	24.00000	24.02000	0.01155
T5. Porcentaje de mortalidad (%)	3	23.00333	23.00000	23.01000	0.00577
T6. Porcentaje de mortalidad (%)	3	27.00333	27.00000	27.01000	0.00577

FIGURA 5. Estadística descriptiva de los tratamientos con zeolita y metano en la aniquilación de gorgojos.

Tc-tratamiento control

Del análisis de la [Figura 5](#) se pueden apreciar los valores medios, mínimos, máximos y la desviación estándar con respecto a los tratamientos evaluados. Se pudo observar que el mejor tratamiento fue T6 (27%) de aniquilación, siendo el peor el tratamiento T1 (19 %), pero todos superan al control (17,80%). La [Figura 6](#), muestra el gráfico Box and Whisker Plot de los tratamientos con zeolita y metano respecto al porcentaje de mortalidad.

[Caballero et al. \(2005\)](#) reportaron buena efectividad de la aniquilación de gorgojos con metano en semillas de sorgo inoculadas en periodos de evaluación de tres, 12 y 30 días, reportando los mejores resultados al cabo de 30 días de inoculado el metano 91,66%; en ese trabajo no se reportó un efecto negativo del metano sobre las cualidades [Caballero et al. \(2005\)](#) no se cuantificó el volumen de metano aplicado a los gorgojos. La comparación entre los diferentes métodos alternativos de eliminación de este tipo de plaga de almacén, reportó un buen comportamiento del metano (91,66%) con respecto a los otros métodos alternativos (paraíso verde, paraíso seco, Neem verde, Neem seco, UC-244) ([Castellanos et al., 2017](#); [Cruz et al., 2013](#)).

Por otra parte, [Martínez et al. \(2021\)](#), aplicaron dosis de 6, 15 y 30 mL de metano en pomos plásticos que contenían 100 g de granos (semillas de frijoles blancos, cultivar BAT-482) obteniendo valores de eficiencia de la aniquilación mediante inyección letal de metano próximos al 80%. Estos estudios se han utilizado como referencia para la continuación de este tipo de investigación, con el objetivo de verificar la posible factibilidad de estos tipos de métodos alternativos de eliminación de insectos-plagas de almacén.

Análisis de la eficiencia de los tratamientos utilizando la zeolita como control de la plaga investigada

En la [Tabla 3](#), se presentan los resultados obtenidos de la eficiencia del tratamiento mediante la utilización de zeolita.

De acuerdo a la [Tabla 3](#), el mejor comportamiento se presentó con el tratamiento 2, en el cual fueron eliminados el 25 % de los gorgojos evaluados. Estos resultados fueron inferiores a los obtenidos por [Martínez et al., \(2023\)](#), la cual reportó valores de 70,83%, 16,66% y 91,66% de aniquilación utilizando zeolita. Lo anterior confirma la complejidad de estas investigaciones y lo conveniente de acotar las mismas hasta que se obtengan resultados más convincentes. Ya que en las investigaciones con agentes biológicos (insectos-plagas) influyen una gran variedad de factores fisiológicos, ambientales y tecnológicos, los cuales pueden alterar los resultados obtenidos ([Gaviria, 2021](#); [Martínez et al., 2023](#)).

Resultados referidos a las pérdidas en los granos de sorgo con los diferentes tratamientos utilizados

Los resultados de los daños provocados en los granos en los tratamientos con zeolita y metano, se aprecian en las [Figuras 7 y 8](#).

Se pudo observar que en todos los tratamientos los daños en los granos producto del daño de la plaga en el periodo analizado (30 días) fue superior al control, siendo el tratamiento 6 (68,76%) donde se obtuvo el mayor valor, mientras que con el tratamiento control (60,56%) se obtuvo el menor valor. Los resultados en forma de grafico se aprecian en la [Figura 8](#).

Del análisis de las [Figuras 7 y 8](#), se puede afirmar que en el periodo de evaluación de los tratamientos (30 días), la plaga es capaz de reproducirse y causar daños significativos en los granos, lo que demuestra su potencial de infestación y su resistencia a la aniquilación mediante zeolita o mediante metano. Aspecto muy interesante que amerita nuevas investigaciones en este sentido.

Resultados referidos a las pruebas de germinación en los granos de sorgo con los diferentes tratamientos utilizados

Con respecto a la germinación, solo fue posible realizar el análisis con respecto al metano. Los

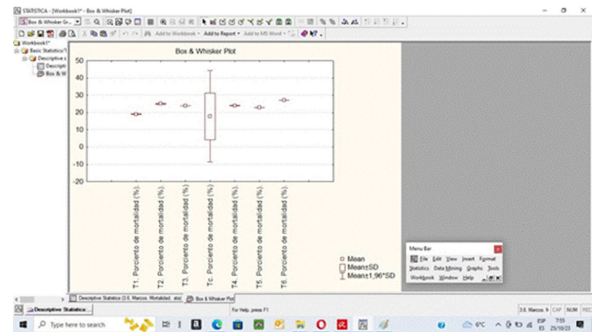


FIGURA 6. Box and Whisker Plot. Aniquilación con zeolita y metano.

TABLA 3. Eficiencia de los tratamientos por utilización de zeolita

Treatment (dosage of application, g)	Efficiency (% of elimination)
T1- (25,433 g zeolita)	(19 %)
T2- (46,814 g zeolita)	(25 %)
T3- (67,028 g zeolita)	(24 %)

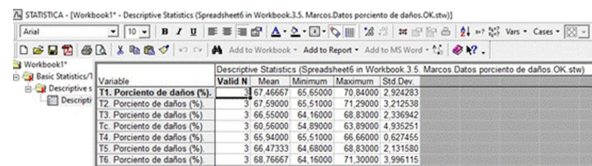


FIGURA 7. Estadística descriptiva del control de daños en los tratamientos con zeolita y metano.

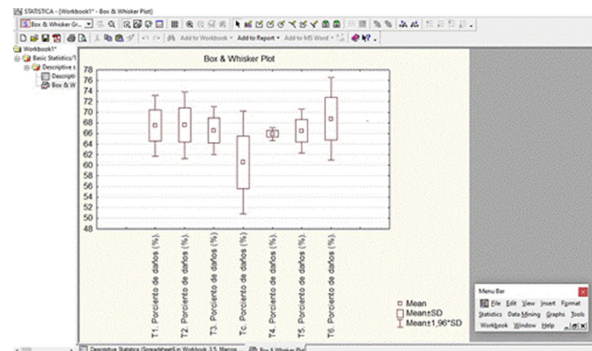


FIGURA 8. Box and Whisker Plot del control de daños en los tratamientos con zeolita y metano.

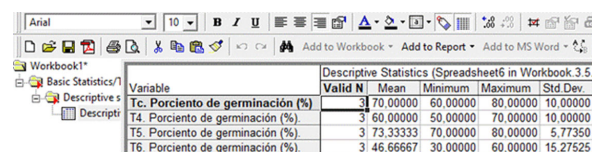


FIGURA 9. Estadística descriptiva de la germinación con la utilización del tratamiento con metano.

resultados obtenidos en la germinación con los tratamientos de metano, se presentan en las [Figuras 9 y 10](#), los cuales fueron obtenidos a nivel de placa Petri con el cultivar UDG-110.

Del análisis de la [Figura 9](#), se pudo observar que el tratamiento 5 (73%), superó al control (70%), mientras que los tratamientos T4 (60%) y T6 (46%), están por debajo del control, lo cual pudiera estar relacionado con la utilización de metano, pero esto no es un resultado definitivo. En la [Figura 10](#) se puede apreciar el comportamiento de la germinación en forma de gráfico.

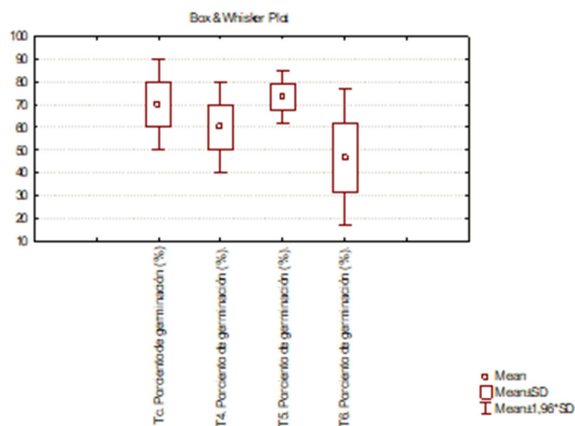


FIGURA 10. Box and Whisker Plot de la germinación.

CONCLUSIONES

- La eficiencia de la eliminación del gorgojo con zeolita, no mostró buenos resultados, T1 (19%), T2 (25%), T3 (24).
- La eficiencia de la eliminación del gorgojo con metano en la UCLV, tampoco mostró buenos resultados T4 (24%), T (23%), T6 (27%) aunque con el tratamiento T6, se superó el máximo valor alcanzado con los tratamientos con zeolita.
- Los daños provocados por la plaga en todos los tratamientos al cabo del período analizado (30 días), superó al control (60,56%), lo cual reafirma la complejidad de estas investigaciones y lo conveniente de acotar las mismas hasta que se obtengan resultados más convincentes.
- Las pruebas de germinación en placa Petri de los tratamientos que utilizaron metano, mostraron que con el tratamiento T5 (73%), se obtuvo un resultado superior al control (70%).

RECOMENDACIONES

Continuar estas investigaciones con el sorgo y con otros granos básicos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abbott, W. S. (1925). A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. econ. Entomol*, 18(2), 265-267, Publisher: College Park.

Caballero, A., López, E., & Saucedo, L. (2005). Estudio preliminar de conservación de semillas de sorgo con biogás. *Revista Centro Agrícola*, 32(4).

Castellanos, G. L., Lorenzo, C. M., & Jiménez, C. R. (2017). Acción insecticida más tardía con bioproductos de tres plantas para el control del gorgojo pardo *Acanthoscelides obtectus*. *Journal of Negative and No Positive Results*, 2(6), 240-244, ISSN: 2529-850X.

Cruz, L. M., Carbonell, J. R., & González, C. L. (2013). Efectividad de formulados a base de extractos de Nim, Paraíso y Eucalipto para el control *Sitophilus oryzae* (L). *Revista Científica Agroecosistemas*, 1(2), 157-164, ISSN: 2415-2862.

Fariás, J. (2005). Almacenamiento de sorgo en climas tropicales. *Revista Claridades Agropecuarias*, 138, 31-47.

García, L. S., Espinosa, C. C., & Bergvinson, D. J. (2007). *Manual de plagas en granos almacenado y tecnologías alternativas para su manejo y control*. CIMMYT.

Gaviria, J. (2021). *¿Cuánto tiempo demoran en eclosionar los huevos de los insectos almacenados como Rhizopertha y Sitophilus?, [en línea], 2021. Almacenaje de granos y cereales en Silos - E.S.E. & INTEC. http://www.ergomix.com/agricultura/foros/almacenaje-cereales-granos-silos-t49630/?src_ga=50*

LennteCh. (2021). *Aplicaciones de la zeolita*. LennteCh. <https://www.lenntech.es/zeolitas-aplicaciones.htm>:

Martínez, H. C. M., Alserhan, R. D., Saucedo, C. O., & Cárdenas, M. M. (2023). Análisis preliminar de métodos alternativos para la eliminación de plagas de almacén. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 32(2), ISSN: 2071-0054, Publisher: 1986, Universidad Agraria de La Habana.

Martínez, H. C. M., Pérez, B. A., & Cupull, S. R. (2021). Use of Methane for Elimination one Kind of Warehouse Plague in Grains. *Asian Journal of Agriculture and Allied Sciences*, 4(1), 28-35.

NC-38: 1999. (1999). *Calidad del suelo. Determinación de la acidez, hidrógeno y aluminio cambiables* [Norma Cubana]. Oficina Nacional de Normalización, La Habana, Cuba.

NC-51: 1999. (1999). *Calidad del suelo. Análisis químico. Determinación del porcentaje de materia orgánica* [Norma Cubana]. Oficina Nacional de Normalización, La Habana, Cuba.

NC-52: 1999. (1999). *Calidad del suelo. Determinación de las formas móviles del fósforo y potasio* [Norma Cubana]. Oficina Nacional de Normalización, La Habana, Cuba.

- NC-ISO-10390: 1999. (1999). *Calidad del suelo. Determinación del pH* [Norma Cubana]. Oficina Nacional de Normalización, La Habana, Cuba.
- NC-ISO-11469: 1999. (1999). *Calidad del suelo. Pretratamiento de las muestras de las muestras para los análisis físico-químicos*. [Norma Cubana]. Oficina Nacional de Normalización, La Habana, Cuba.
- NRAG-279: 1980. (1980). *Suelos. Análisis químico. Reglas generales*. Oficina Nacional de Normalización, La Habana, Cuba.
- Romero, G. (2007). Control de Plagas en Productos almacenados. *APOSGRAN. Asociación Argentina de Postcosecha de granos*. file:///C:/Users/PERS ONAL/Downloads/1888189258.5.%20Control%20de%20Plagas%20en%20granos%20Almacenados.pdf.
- Soca, M., Peña, W., & Martínez, F. (2015). La zeolita como alternativa para el control de plagas en la conservación de granos de Maíz (Zea Maíz) en Cuba. *Repertorio Científico*, 18(2), 103-107, ISSN: 2215-5651.

Carlos M. Martínez-Hernández · Dr.C. Prof. Titular. Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas, Carretera a Camajuaní km. 5.5. CP: 54830. Santa Clara, Villa Clara, Cuba, Tel: 53-42-281692, Fax: 53-42-281608.

Marcos A. Rodríguez-Beltrán, Ing. Agrícola, Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas, Carretera a Camajuaní km.5.5. CP: 54830, Santa Clara, Villa Clara, Cuba, Tel: 53-42-281692. Fax: 53-42-281608.

Hans Oechsner, Dr.Sc., Instituto de Ingeniería Agrícola y Bioenergía, Universidad de Hohenheim, Stuttgart, Alemania, Tel: 0711-459-22683, Fax: 0711-459-22111, e-mail: hans.oechsner@uni-hohenheim.de.

Orlando M. Saucedo-Castillo, Dr.C. Investigador Titular, Centro de Investigaciones Agropecuarias (CIAP), Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas, Carretera a Camajuaní km.5.5. CP: 54830, Santa Clara, Villa Clara, Cuba, Tel: 53-42-281692, Fax: 53-42-281608.

Los autores de este trabajo declaran no presentar conflicto de intereses.

CONTRIBUCIONES DE AUTOR: **Conceptualización:** C. Martínez. **Curación de datos:** C. Martínez. **Análisis formal:** C. Martínez; H. Oechsner, M. Rodríguez, O. Saucedo. **Investigación:** C. Martínez; H. Oechsner, M. Rodríguez, O. Saucedo. **Metodología:** C. Martínez. **Supervisión:** C. Martínez; H. Oechsner. **Redacción-borrador original:** C. Martínez, M. Rodríguez, O. Saucedo. **Redacción, revisión y edición:** C. Martínez; H. Oechsner.

La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por los autores ni por el editor.

Este artículo se encuentra bajo licencia [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional \(CC BY-NC 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)