



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y FORESTALES**  
**CARRERA DE AGRONOMÍA**

Trabajo de Integración  
Curricular previo a la obtención  
del Grado Académico de  
Ingeniero Agrónomo.

**Proyecto de Investigación:**

“EVALUACIÓN DEL USO DE TIERRA DE DIATOMEAS PARA EL CONTROL DEL  
GUSANO COGOLLERO (*Spodoptera frugiperda*) EN EL CULTIVO DE MAÍZ  
(*Zea mays*).”

**Autor:**

Jinson Santiago Cárcamo Mendoza

**Director del Proyecto de Investigación:**

Ing. Favio Eduardo Herrera Eguez, PhD.

**Quevedo – Los Ríos – Ecuador**

**2023**



## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y SESIÓN DE DERECHOS**

Yo, **Jinson Santiago Cárcamo Mendoza** declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este documento, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

---

**Jinson Santiago Cárcamo Mendoza**

**C.I: 1207292010**



## **CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

El suscrito, **Ing. Favio Eduardo Herrera Eguez, PhD.**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el estudiante **Jinson Santiago Cárcamo Mendoza**, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado “**Evaluación del uso de tierra de diatomeas para el control del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en el cultivo de maíz (*Zea mays*).**”, previo a la obtención del Grado Académico de Ingeniero Agrónomo, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

.....

**Ing. Favio Eduardo Herrera Eguez, PhD.**

**DIRECTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**



## CERTIFICADO DE REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO

El suscrito, **Ing. Favio Eduardo Herrera Eguez, PhD.**, mediante el presente cumpla en presentar a usted, el informe de proyecto de Investigación titulado “**Evaluación del uso de tierra de diatomeas para el control del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en el cultivo de maíz (*Zea mays*)**”. Presentado por el estudiante **Jinson Santiago Cárcamo Mendoza**, egresado de la Carrera de Agronomía, que fue revisado bajo mi dirección según resolución del Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, que se ha desarrollado de acuerdo al Reglamento de la Unidad de Integración Curricular de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo y cumple con el requerimiento de análisis de URKUND el cual avala los niveles de originalidad en un 93 % y similitud 7 %, del trabajo investigativo. Valido este documento para que el estudiante siga con los trámites pertinentes, de acuerdo como lo establece el Reglamento.



### Document Information

---

Analyzed document	Tesis_Jinson_Carcamo_Urkund.docx (D178175926)
Submitted	2023-11-09 00:16:00
Submitted by	
Submitter email	mvelez@uteq.edu.ec
Similarity	7%
Analysis address	mvelez.uteq@analysis.arkund.com

---

Ing. Favio Eduardo Herrera Eguez, PhD.

**DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y FORESTALES**  
**CARRERA DE AGRONOMÍA**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**Título:**

“Evaluación del uso de tierra de diatomeas para el control del gusano cogollero  
*Spodoptera frugiperda*) en el cultivo de maíz (*Zea mays*).”

Presentado al Consejo Directivo de Facultad como requisito previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo.

Aprobado por:

---

**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

Ing. Milton Fernando Cabezas Guerrero, PhD.

---

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

Ing. Pablo Cesar Ramos Corrales, PhD.

---

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

Ing. César Cristóbal Varas Maenza, M.Sc.

QUEVEDO – LOS RÍOS – ECUADOR

2023

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, le agradezco a la Universidad Técnica Estatal de Quevedo por permitirme cumplir mi meta, a los docentes de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, por ser formadores de profesionales y compartir con los estudiantes todos sus conocimientos y sus experiencias, pero en especial a la Dra. Mayra Carolina Vélez Ruiz, por guiarme en este proceso y estar presente en cada momento que necesitaba de su ayuda para así poder culminar mi tesis.

También quiero agradecer por el apoyo brindado, a los miembros del tribunal: Dr. Pablo Cesar Ramos Corrales, Dr. Favio Eduardo Herrera Eguez, Dr. Milton Fernando Cabezas Guerrero y al Ing. César Cristóbal Varas Maenza, por todas tus aportaciones recibida para el desarrollo de mi tesis.

## **DEDICATORIA**

Dedicada a Dios, por bendecirme día a día, darme la sabiduría, la fortaleza necesaria para salir adelante y de esta manera poder afrontar cada obstáculo que se me presenta en el camino.

A mis padres y hermanos, ya que ellos son el principal motivo de este logro y además por siempre confiar en mí y sobretodo porque ellos han sido la parte primordial en mi vida durante el proceso de estudio, cada palabra, cada consejo que me brindaban era una manera de decirme sigue adelante que lo vas a lograr.

Dedicada a Adriana Benítez, por siempre estar presta a ayudarme en cualquier inquietud que se nos presentaban. A cada uno de mis compañeros de clases por haber formado parte de este recorrido estudiantil y haberme brindado su amistad. A mi grupo: Luis Molina, Mary, Magenka, Michelle, Shirley y a Madelin por hacer de cada momento una diversión.

**Jinson Santiago Cárcamo Mendoza**

## RESUMEN

El gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), es una amenaza recurrente para el cultivo de maíz (*Zea mays*), sus daños causan pérdidas económicas considerables. La tierra de diatomeas (TD) es considerado como un insecticida orgánico derivado de algas marinas, se distingue por ser biodegradable, no deja residuos tóxicos, ni provoca resistencia en los insectos. Con el propósito de evaluar el uso de tierra de diatomeas en el control del gusano cogollero en el cultivo de maíz, se llevó a cabo una investigación en el Campus Experimental “La María” de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo. El diseño experimental adoptado fue de bloques completamente al azar (DBCA) compuesto por 4 bloques y 5 tratamientos: T1 (TD – 1g/planta), T2 (TD – 3g/planta), T3 (TD – 5g/planta), T4 (Insecticida Ampligo SC – Control positivo) y T5 (Sin aplicación – Control negativo). Los resultados obtenidos revelaron que el porcentaje de incidencia y severidad del gusano cogollero no experimentó reducciones significativas con el uso de tierra de diatomeas en comparación a los tratamientos control ( $P > 0,01$ ). No obstante, se observó que el uso de 5 gramos de TD/planta mejoró las características agronómicas de altura y diámetro del tallo del maíz, a partir de los 25 días después de la siembra ( $P < 0,01$ ). La aplicación de tierra de diatomeas en una dosis de 5 gramos/planta también condujo a los mejores rendimientos de maíz ( $P < 0,01$ ), expresados en kg/parcela ( $\bar{X} = 8,30$  kg/parcela). Los efectos positivos en las variables agronómicas y productivas sugieren que la tierra de diatomeas podría considerarse como una alternativa para estimular el crecimiento vegetal y obtener mayores rendimientos en el cultivo de maíz, sin embargo, estudios adicionales son necesarios.

**Palabras claves:** algas, polvos inertes, plaga, rendimientos.

## ABSTRACT

The fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) is a recurring threat to maize (*Zea mays*) cultivation, causing considerable economic losses. Diatomaceous earth (DE) is considered an organic insecticide derived from marine algae, distinguished for being biodegradable, leaving no toxic residues, nor causing resistance in insects. To evaluate the use of diatomaceous earth in controlling the fall armyworm in maize cultivation, a study was conducted at the Campus Experimental “La María” of the Universidad Técnica Estatal de Quevedo. The adopted experimental design was a completely randomized block design (DBCA) composed of 4 blocks and 5 treatments: T1 (DE – 1g/plant), T2 (DE – 3g/plant), T3 (DE – 5g/plant), T4 (Ampligo SC Insecticide – Positive control) and T5 (No application – Negative control). The results revealed that the percentage of incidence and severity of the fall armyworm did not experience significant reductions with the use of diatomaceous earth compared to the control treatments ( $P>0.01$ ). However, it was observed that the use of 5 grams of DE/plant improved the agronomic characteristics of height and stem diameter of the maize, from 25 days after sowing ( $P<0.01$ ). The application of diatomaceous earth at a dose of 5 grams/plant also led to the best maize yields ( $P<0.01$ ), expressed in kg/plot ( $\bar{X}=8.30$  kg/plot). The positive effects on agronomic and productive variables suggest that diatomaceous earth could be considered an alternative to stimulate plant growth and achieve higher yields in maize cultivation, however, additional studies are necessary.

**Keywords:** algae, inert dusts, pests, yields.

## TABLA DE CONTENIDOS

Portada .....	i
Declaración de autoría y sesión de derechos .....	ii
Certificación de culminación del proyecto de investigación.....	iii
Reporte de la herramienta de prevención de coincidencia y/o plagio académico .....	iv
Certificado de aprobación del tribunal .....	v
Agradecimiento .....	vi
Dedicatoria.....	vii
Resumen .....	viii
Abstract .....	ix
Tabla de contenidos.....	x
Código dublín .....	xv
Introducción.....	1
CAPÍTULO I. CONCEPTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	3
1.1 Problema de investigación.....	4
1.1.1 Planteamiento del problema .....	4
1.1.2 Formulación del problema.....	5
1.1.3 Sistematización del problema.....	5
1.2 Objetivos .....	6
1.2.1 Objetivo general .....	6
1.2.2 Objetivos específicos.....	6
1.3 Justificación.....	7
CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN .....	8
2.1 Marco conceptual .....	9
2.1.1. Tierra de diatomeas .....	9
2.1.2. Insecticida.....	9
2.1.3. Maíz.....	9
2.1.4. Resistencia.....	9
2.2. Marco referencial .....	10
2.2.1. Origen del maíz .....	10
2.2.2. Importancia del maíz .....	10
2.2.3. Taxonomía del maíz .....	11
2.2.4. Descripción botánica del maíz .....	11
2.2.5. Determinación de las etapas de desarrollo del maíz.....	14
2.2.6. Condiciones climáticas del maíz .....	15
2.2.7. Plagas que afectan al cultivo de maíz.....	15

2.2.8.	Las diatomeas .....	19
2.2.9.	Revisión histórica del tema en estudio .....	21
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....		29
3.1	Localización .....	30
3.2	Tipo de Investigación .....	30
3.3	Métodos de Investigación.....	30
3.4	Fuentes de recopilación de la información.....	31
3.5	Diseño de la investigación.....	31
3.5.1.	Factor de estudio .....	31
3.5.2.	Tratamientos .....	31
3.5.3.	Diseño experimental.....	32
3.5.4.	Características de las unidades experimentales.....	33
3.6.	Instrumentos de investigación .....	33
3.6.1.	Manejo del Experimento .....	33
3.6.2.	Variables a evaluar en el experimento .....	34
3.7.	Tratamientos de los datos .....	35
3.8.	Recursos humanos y materiales .....	36
3.8.1.	Recursos humanos .....	36
3.8.2.	Recursos Materiales .....	36
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....		37
4.1.	Resultados .....	38
4.1.1.	Altura de plantas de maíz .....	38
4.1.2.	Diámetro del tallo de plantas de maíz .....	39
4.1.3.	Porcentaje de incidencia de <i>S. frugiperda</i> en plantas de maíz.....	40
4.1.4.	Porcentaje de severidad de <i>S. frugiperda</i> en plantas de maíz.....	40
4.1.5.	Rendimiento de maíz en kg/parcela .....	40
4.2.	Discusión .....	42
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....		46
5.1.	Conclusiones .....	47
5.2.	Recomendaciones .....	48
CAPÍTULO VI. BIBLIOGRAFÍA.....		49
6.1.	Bibliografía.....	50
CAPÍTULO VII. ANEXOS.....		55
7.1.	Anexos .....	56

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Características agroclimáticas del Campus “La María” UTEQ – Mocache.....	30
<b>Tabla 2</b> Tratamientos utilizados en la investigación.....	32
<b>Tabla 3</b> Adeva para experimento realizado en condiciones de campo. ....	32
<b>Tabla 4</b> Características de las unidades experimentales. ....	33
<b>Tabla 5</b> Altura de planta a los 15, 25, 35, 45 y 55 días después de la aplicación de tierra de diatomea en el cultivo de maíz. ....	38
<b>Tabla 6</b> Diámetro de tallo a los 15, 25, 35, 45 y 55 días después de la aplicación de tierra de diatomea en el cultivo de maíz. ....	39

## ÍNDICE DE FIGURAS

**Figura 1** Rendimiento del cultivo de maíz en kg/parcela tratada con tres dosis de tierra de diatomeas, insecticida y sin aplicación de productos orgánicos o sintéticos. .... 41

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo A.</b> Primera aplicación de la tierra de diatomeas. ....	56
<b>Anexo B.</b> Control manual de malezas en el cultivo de maíz. ....	56
<b>Anexo C.</b> Medición de altura de la planta de maíz. ....	57
<b>Anexo D.</b> Medición del diámetro del tallo de la planta de maíz. ....	57
<b>Anexo E.</b> Estado del cultivo a los 42 días posteriores a la siembra. ....	58
<b>Anexo F.</b> Estado del cultivo a los 70 días posteriores a la siembra. ....	58
<b>Anexo G.</b> Estado del cultivo a los 90 días posteriores a la siembra. ....	59
<b>Anexo H.</b> Cosecha del cultivo de maíz en parcelas experimentales. ....	59
<b>Anexo I.</b> Análisis de suelo de la localidad en la que se realizó el ensayo. ....	60
<b>Anexo J.</b> ADEVA de altura a los 15 días. ....	61
<b>Anexo K.</b> ADEVA de altura a los 25 días ....	61
<b>Anexo L.</b> ADEVA de altura a los 35 días ....	61
<b>Anexo M.</b> ADEVA de altura a los 45 días. ....	62
<b>Anexo N.</b> ADEVA de altura a los 55 días. ....	62
<b>Anexo O.</b> ADEVA de diámetros a los 15 días. ....	62
<b>Anexo P.</b> ADEVA de diámetros a los 25 días ....	63
<b>Anexo Q.</b> ADEVA de diámetros a los 35 días. ....	63
<b>Anexo R.</b> ADEVA de diámetros a los 45 días ....	63
<b>Anexo S.</b> ADEVA de diámetros a los 55 días. ....	64
<b>Anexo T.</b> Prueba de kruskal wallis incidencias a los 15 días. ....	64
<b>Anexo U.</b> Prueba de kruskal wallis incidencias a los 25 días ....	64
<b>Anexo V.</b> Prueba de kruskal wallis incidencias a los 35 días ....	65
<b>Anexo W.</b> Prueba de kruskal wallis incidencias a los 45 días ....	65
<b>Anexo X.</b> Prueba de kruskal wallis incidencias a los 55 días ....	66
<b>Anexo Y.</b> Prueba de kruskal wallis Severidad a los 15 días ....	66
<b>Anexo Z.</b> Prueba de kruskal wallis Severidad a los 25 días. ....	67
<b>Anexo AA.</b> Prueba de kruskal wallis Severidad a los 35 días ....	67
<b>Anexo BB.</b> Prueba de kruskal wallis Severidad a los 45 días ....	68
<b>Anexo CC.</b> Prueba de kruskal wallis Severidad a los 55 días ....	68
<b>Anexo DD.</b> ADEVA de rendimientos. ....	69

## CÓDIGO DUBLÍN

<b>Título:</b>	“Evaluación del uso de tierra de diatomeas para el control del gusano cogollero ( <i>Spodoptera frugiperda</i> ) en el cultivo de maíz ( <i>Zea mays</i> ).”
<b>Autor:</b>	Jinson Santiago Cárcamo Mendoza
<b>Palabras claves:</b>	Variables agronómicas, biodegradable, crecimiento vegetal, rendimientos
<b>Fecha de publicación:</b>	
<b>Editorial:</b>	Quevedo: UTEQ, 2023
<b>Resumen:</b>	El gusano cogollero ( <i>Spodoptera frugiperda</i> ), es una amenaza recurrente para el cultivo de maíz ( <i>Zea mays</i> ), sus daños causan pérdidas económicas considerables. La tierra de diatomeas (TD) es considerado como un insecticida orgánico derivado de algas marinas, se distingue por ser biodegradable, no dejar residuos tóxicos, ni provocar resistencia en los insectos. Con el propósito de evaluar el uso de tierra de diatomeas en el control del gusano cogollero en el cultivo de maíz, se llevó a cabo una investigación en el Campus experimental “La María” de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo. El diseño experimental adoptado fue de bloques completamente al azar (DBCA) (...).
<b>Abstract:</b>	The fall armyworm ( <i>Spodoptera frugiperda</i> ) is a recurring threat to maize ( <i>Zea mays</i> ) cultivation, causing considerable economic losses. Diatomaceous earth (DE) is considered an organic insecticide derived from marine algae, distinguished for being biodegradable, leaving no toxic residues, nor causing resistance in insects. To evaluate the use of diatomaceous earth in controlling the fall armyworm in maize cultivation, a study was conducted at the Campus Experimental “La María” of the Universidad Técnica Estatal de Quevedo. The adopted experimental design was a completely randomized block design (DBCA) (...).
<b>Descripción:</b>	84 hojas: dimensiones, 29 x 21 cm + CD-ROM 6162
<b>Url:</b>	

## Introducción

El maíz (*Zea mays*) es un cultivo de enorme importancia económica y alimenticia, es considerado uno de los cereales más cultivados junto al arroz y el trigo a nivel mundial. El maíz se encuentra presente en aproximadamente 135 países, siendo aprovechado gran parte como grano seco y en algunos otros países como grano tierno, además de poseer gran adaptabilidad y desarrollo frente a distintas condiciones agroclimáticas, lo que lo hace un cultivo de presencia permanente (Chura *et al.*, 2019).

El uso del maíz como fuente alimenticia ha sido considerado en la alimentación humana, además es utilizada para la alimentación animal y piscícola. El procesamiento del maíz se lo realiza en plantas industriales, las cuales elaboran, almidón, proteínas, aceites, edulcorantes alimenticios, bebidas alcohólicas y combustible; así también se usa como forraje para la alimentación de ganaderías (García, 2019).

Al igual que varios cultivos de importancia económica, las plagas son el principal problema de la reducción de los rendimientos. Una de las plagas clave recurrentes del cultivo de maíz es el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), esta es considerada una de las plagas más importantes del maíz en las regiones tropicales y subtropicales de América; causa daño y pérdidas severa en el cultivo de maíz. La distribución del gusano cogollero es muy amplia, ocurre en todas las zonas productoras de maíz. En Ecuador se han registrado pérdidas económicas causadas por este insecto que van desde el 13 hasta el 60 % (Yáñez, 2007).

El gusano cogollero, ataca principalmente el cogollo de las plantas, o meristemas apicales de la planta de maíz, esta plaga se alimenta del follaje tierno ocasionando el daño foliar, impidiendo la producción de nuevas hojas, desequilibrando la producción de alimento de la planta. Su acción en campos de maíz ocasiona grandes pérdidas para el agricultor; una alta inversión en insecticidas comerciales; daños ambientales y resistencia del insecto a estos productos (Yáñez, 2007).

En la actualidad y considerando las consecuencias graves que ocasiona el uso intensivo de pesticidas existe la constante preocupación de buscar nuevas alternativas de control de plagas, esperando minimizar el impacto que estas moléculas sintéticas ocasionan. Una de las

alternativas que ha generado grande eficiencia en el control de diversas plagas agrícolas y urbanas es el uso de tierra de diatomeas (Clivio, 2000).

La tierra de diatomeas es considerada como un insecticida orgánico a base de algas marinas, es completamente biodegradable, no deja residuos tóxicos y no hay registros de resistencia de insectos. En el Ecuador, no existen estudios que comprueben su eficiencia en poblaciones de *Spodoptera frugiperda*. Por la razón antes mencionada, es necesario evaluar el uso de tierra de diatomeas para el control de gusano cogollero en el cultivo de maíz como una alternativa de control a los insecticidas.

El estudio del uso de tierra de diatomeas como método de control del gusano cogollero en el cultivo de maíz se muestra como una alternativa prometedora para la gestión de plagas en la agricultura. Las propiedades físicas abrasivas de las diatomeas han demostrado ser eficaces para interferir con el exoesqueleto de insectos, como el gusano cogollero, sin generar impactos significativos en el medio ambiente ni en la salud humana.

Los componentes minerales especialmente de Silicio que posee la tierra de diatomeas plantea la posibilidad de ser una solución más sostenible y respetuosa con el medio ambiente en comparación con los insecticidas químicos convencionales. Los hallazgos de esta evaluación no solo podrían tener implicaciones significativas para la agricultura sostenible, sino que también podrían proporcionar una alternativa efectiva a los agricultores que buscan reducir el impacto ambiental y promover prácticas agrícolas más saludables.

**CAPÍTULO I**  
**CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

## **1.1 Problema de investigación**

### ***1.1.1 Planteamiento del problema***

El gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) es una de las plagas más agresivas del cultivo de maíz, causa pérdidas económicas al no realizar control y manejo oportuno. Los daños realizados por *S. frugiperda* los realiza en etapa de larva, con su aparato bucal masticador raspa las hojas iniciales del maíz, posteriormente afecta su cogollo, e inclusive puede afectar la espiga de maíz.

En Ecuador, el gusano cogollero en el cultivo del maíz es considerado como uno de los más grandes problemas que tiene el agricultor en sus plantaciones debido al efecto directo que ocasiona en su economía. Los pequeños y medianos productores de maíz son los más afectados por la plaga debido a la falta de conocimiento sobre el manejo y control de este insecto-plaga.

El principal método de control del gusano cogollero (*S. frugiperda*) es a través del uso de insecticidas de los grupos fosforados, carbamatos y piretroides, su uso intensivo ocasiona serios problemas a la salud del ser humano y el medio ambiente, además su eficiencia de control se ha reducido drásticamente debido a posibles problemas de resistencia generada en los insectos, constituyéndolo en un método ineficiente.

La búsqueda de alternativas para el control del gusano cogollero considerando los aspectos negativos que los insecticidas producen son necesarias. Una alternativa eficiente para el control de insectos plagas es el uso de la tierra de diatomeas. La tierra de diatomeas es un producto que se origina de la fosilización de micro-algas en el fondo de ríos y mares, es considerado de tipo orgánico por representar menos riesgo para los seres vivos y el ambiente, además es altamente eficiente en el control de diversas especies de insectos plaga.

### **Diagnóstico**

El maíz es considerado uno de los cereales más importantes para el ser humano, es utilizado como alimento, forraje y materia prima para la industria. La reducción del área de siembra y la alta demanda de maíz especialmente como alimento humano y animal tornan a que este

cultivo sea debidamente explotado, sin embargo, la presencia de plagas es uno de los graves problemas que el agricultor debe enfrentar. El gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) es considerada una de las principales plagas del cultivo de maíz, las pérdidas ocasionadas por este insecto colocan especialmente a las comunidades vulnerables del medio rural en riesgos con respecto a su seguridad alimentaria. El agricultor está luchando constantemente con esta plaga y para ello requiere de aplicaciones costosas de plaguicidas, sin embargo, varios reportes advierten que su aplicación no puede funcionar debido a problemas de resistencia, mal uso de las técnicas de aplicación o el uso de productos de escasa calidad, que inclusive pueden afectar negativamente a organismos benéficos.

## **Pronóstico**

La escasa búsqueda de alternativas para el control del gusano cogollero (*S. frugiperda*), su mal manejo por el uso inadecuado de los plaguicidas y los riesgos que estos ejercen en la salud humana y del agroecosistema, coloca en vulnerabilidad especialmente a las comunidades de países en vías de desarrollo, debido a la demanda constante de maíz como fuente de alimento. Por esta razón es necesario investigar alternativas tales como el uso de tierra de diatomeas para evaluar el impacto que tiene sobre la plaga.

### **1.1.2 Formulación del problema**

¿Cuál es el efecto del uso de tierra de diatomeas en el control del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en el cultivo de maíz?

### **1.1.3 Sistematización del problema**

¿Cuál es la incidencia y severidad del gusano cogollero en el cultivo de maíz tratado con tierra de diatomeas?

¿Cuál es la dosis adecuada de tierra de diatomeas que permita el control del gusano cogollero?

¿Cuál es efecto de la aplicación de tierra de diatomeas en las variables agronómicas y productivas del cultivo de maíz?

## **1.2 Objetivos**

### ***1.2.1 Objetivo general***

Evaluar el uso de tierra de diatomeas para el control del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en el cultivo de maíz (*Zea mays*).

### ***1.2.2 Objetivos específicos***

- Evaluar la incidencia y severidad del gusano cogollero en el cultivo de maíz tratado con tierra de diatomeas.
- Identificar la dosis adecuada de tierra de diatomeas que permita el control del gusano cogollero.
- Evaluar el efecto de la aplicación de tierra de diatomeas en las variables agronómicas y productivas del cultivo de maíz.

### 1.3 Justificación

En el marco de la agricultura contemporánea, la búsqueda de métodos de control de plagas que minimicen el impacto ambiental y protejan la salud humana se ha convertido en una prioridad. Las inquietudes sobre la resistencia creciente de los insectos a los pesticidas convencionales, así como los efectos adversos de estos productos químicos en el ecosistema, generan una necesidad urgente de explorar y desarrollar alternativas más respetuosas con el entorno. En este contexto, la tierra de diatomeas ha surgido como una posible solución, dado su potencial como agente de control de plagas amigable con el medio ambiente.

El gusano cogollero, reconocido por su capacidad devastadora sobre los cultivos de maíz, representa una amenaza considerable que puede ocasionar daños significativos, traduciéndose en pérdidas económicas considerables y afectando la seguridad alimentaria. Por ende, la investigación de métodos innovadores y eficaces para contener y gestionar esta plaga resulta esencial para salvaguardar la producción sostenible de maíz, un alimento básico en gran parte del planeta y vital para la seguridad alimentaria global.

El estudio del uso de tierra de diatomeas no solo abre la posibilidad de controlar el gusano cogollero, sino que también representa un paso significativo hacia la promoción de prácticas agrícolas más sostenibles y equilibradas. Este enfoque no solo apunta a reducir la dependencia de pesticidas químicos agresivos, sino que también aboga por la restauración del equilibrio ecológico en los sistemas agrícolas, preservando la calidad del suelo, la biodiversidad y, en última instancia, la salud tanto de los ecosistemas como de los consumidores finales.

En el Ecuador muy poco se conoce sobre el uso de tierra de diatomeas para el control de plagas, y aún menos sobre poblaciones de *S. frugiperda*. Estudios que confirmen los efectos de la tierra de diatomeas en el gusano cogollero son necesarias con la finalidad de reducir el impacto del gusano cogollero y mejorar la producción del cultivo de maíz (kg/ha).

**CAPÍTULO II**  
**FUNDAMENTACIÓN TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN**

## **2.1 Marco conceptual**

### **2.1.1. Tierra de diatomeas**

Las diatomeas son algas unicelulares que se encuentran abundantemente en todos los ecosistemas y son probablemente el grupo más extenso de plantas en la tierra. Existen más de 25,000 especies con morfología distintiva entre ellas. Cuando las algas diatomeas mueren en cuerpos de agua (mares, lagunas o lagos) estos cuerpos descienden al fondo, donde su protoplasma se desintegra formándose en paredes celulares de silicio, produciendo grandes depósitos, los cuales después de varios periodos geológicos forman lo que se conoce como tierra de diatomea (Torres I. , 2011).

### **2.1.2. Insecticida**

Los insecticidas son de amplio espectro para el control de plagas, no sistémico de acción por contacto, estomacal y respiratoria. Los cuales actúan sobre el sistema nervioso de los insectos y altera la función de las neuronas. Posee buena actividad residual sobre plantas tratadas (Litardo, 2019).

### **2.1.3. Maíz**

El maíz (*Zea mays* L.) es un cereal perteneciente a la familia de las gramíneas o poáceas cuya especie monocotiledónea con un ciclo vegetativo de 80 a 200 días, el cual empieza en la siembra y termina con la cosecha (Grande y Orozco, 2013)

### **2.1.4. Resistencia**

Es un cambio heredable en la sensibilidad de una población de una plaga que se refleja en repetidos fallos de un producto para alcanzar los niveles de control esperados al ser usado de acuerdo con las recomendaciones de la etiqueta para esa plaga' (IRAC). La resistencia no sólo afecta negativamente al agente insecticida/acaricida sobre el que se genera, sino que también confiere resistencia cruzada a otros agentes estructuralmente relacionados (Delgado, 2020).

## **2.2. Marco referencial**

### **2.2.1. Origen del maíz**

Según (Carrillo, 2009), dice que el maíz surgió aproximadamente entre los años 8 000 y 600 AC en Mesoamérica (México y Guatemala), probablemente a lo largo del acantilado occidental de México Central o del Sur, a 500 km de la Ciudad de México de la cual se derivan todos los maíces duros tropicales de endospermo amarillo; raza Confite Morocho, de donde se derivan los maíces de ocho hileras; raza Chullpi, originaria de los maíces dulces y amiláceos; y raza Kculli, de la cual se derivan todos los maíces con coloración de aleurona y pericarpo.

Dentro de este marco los orígenes del maíz, se han encontrado algunas razas de maíz que existen mayor diversidad genética en la cual son encontrada como variedad de diferente color y dentro del mismo color hay diferentes tipos de granos como son: precocidad, adaptación a distintas condiciones ambientales como resistencia a sequias, insectos y entre otros. A partir de esto unos de los entrecruzamientos de razas hecho por los agricultores hay una posibilidad que los factores más importantes es la evolución y la diversidad contractual en la raza del cultivo de maíz. Pero una de las especies con mayor amplitud es en la distribución altitudinal y latitudinal en la cual ha cambiado en función las condiciones biofísicas asociadas (Sánchez, 2021).

### **2.2.2. Importancia del maíz**

En el Ecuador, el maíz es uno de los cultivos de mayor importancia tanto por ser uno de los componentes básicos en la dieta de la población como por la gran cantidad de terreno destino a su producción. El maíz es uno de los cultivos de mayor importancia tanto por ser uno de los componentes básicos en la dieta de la población como por la gran cantidad de terreno destino a su producción. Por otro lado, las provincias maiceras de mayor importancia se encuentran distribuida de la siguiente manera en la provincia de Los Ríos se encuentra alrededor del 37%, Manabí con un 32%, Guayas con un 15%, el 16% corresponde a los restantes de las demás provincias y los rendimientos más alto 10 que obtuvieron en las demás provincias son: Los Ríos 6.2 t/ha, continuado por Guayas con 4.6 t/ha y Manabí con 5.5 t/ha (Silva *et al.*, 2014).

El maíz tiene múltiples usos; es el cereal mayormente usado como alimento en las diferentes etapas de desarrollo de la planta. Las espigas jóvenes que se cosechan antes de la floración sirven como hortaliza. Las mazorcas tiernas sirven de manjar refinado y las mazorcas verdes se usan asadas o hervidas y son consumidas en muchos países; además proporcionan buen forraje para los animales. El maíz es usado en más formas distintas que cualquier otro cereal; las formas principales en que se utiliza son como alimento humano ya sea doméstico o industrial; alimento para animales y fermentado para varios productos industriales (Quijije, 2019).

Por último, en el Ecuador hay una gran variedad de tipos de maíz que están adaptadas a las diferentes altitudes como son los suelos y los ecosistemas, pero aparte de eso también se toma en cuenta los factores que nos permite obtener buenos resultados en la producción como son las semillas híbridadas dentro de las más comunes son: Dekalb 7088 que nos brinda un 17%, Trueno NB 7443 nos brinda un 16% y Soma 105 nos brinda un 14% (Quijije, 2019).

### **2.2.3. Taxonomía del maíz**

Clasificación taxonómica del maíz (Acosta, 2009).

Reino:        Vegetal  
Clase:         Angiospermae  
Subclase:    Commelinidae  
Orden:        Glumifloreae  
Familia:     Poaceae  
Género:      *Zea*  
Especie:     *mays* L.

### **2.2.4. Descripción botánica del maíz**

Por lo tanto, el maíz es una planta de ciclo corto y una planta de especie anual, que obtiene un gran desarrollo vegetativo de aspecto robusta y con un rápido desarrollo que podría

alcanzar hasta 5 metros de altura, aunque la altura normal de una planta del cultivo de maíz es de 2 a 2.5 metros de alturas (Arévalo, 2011).

#### **2.2.4.1. Planta.**

Es una planta de tallo erguido, macizo y hueco. La altura es muy variable desde 0.60 a 2.4 m, también se puede indicar que en la provincia Bolívar la variedad Guagal llega a medir hasta 5 m de altura. A diferencia de los demás cereales, es una especie monoica, lo que significa que sus inflorescencias, masculina y femenina, se ubican separadas dentro de una misma planta; esto determina además que su polinización sea fundamentalmente cruzada, (Arévalo, 2011).

#### **2.2.4.2. Raíz.**

Las raíces son fasciculadas y su misión es la de aportar un perfecto anclaje a la planta. En algunos casos sobresalen raíces de los nudos a nivel del suelo, ocurre en aquellas raíces secundarias o adventicias. Las 4 o 5 raíces se desarrollan inicialmente a partir de la semilla (raíces primarias) solo son funcionales durante los primeros estadios de desarrollo, (Arévalo, 2011).

#### **2.2.4.3. Tallo.**

Es simple erecto, robusto y sin ramificaciones tiene un aspecto similar al de una caña. Generalmente tiene una altura de dos metros depende de la variedad de maíz, con serie de entrenudos de uno 16 cm, el primer tallo que nace de la semilla se llama mesocotilo, que se prolonga hasta la profundidad de siembra, en la terminación de este tallo se forma la corona, el tallo final y las raíces, Entonces, con respecto a su altura del tallo, a pesar de tener un crecimiento erecto tiene una elevada longitud que le permitiría alcanzar los 4 metros de altura hasta incluso puede ser de forma enana (Estrada, 2020).

#### **2.2.4.4. Hojas.**

Son anchas, lanceoladas y ásperas, con una longitud de 40 – 45 cm y 6 – 8 cm de anchura, el número de hojas va a depender de cada variedad de maíz, generalmente tiene de 4 a 5

hojas embrionarias que preservan hasta que brotan a la superficie por el coleóptilo, este se destruye saliendo la primera hoja. Estas las encontramos enlazadas al tallo, los extremos son cortantes, (Estrada, 2020).

#### **2.2.4.5. Flor.**

El maíz es una planta monoica es decir tienen flores hermafroditas masculina y femenina están distantes, pero se encuentran en el mismo pie, la flor femenina es la futura mazorca se encuentra a la mitad de la planta, la flor tiene numerosas flores que resaltan de las brácteas están formando sedas cada una de estas fecundará un grano, la flor masculina se encuentra en la parte superior de la planta y tiene forma de panícula, (Estrada, 2020).

#### **2.2.4.6. Grano.**

Son desarrollados mediante la acumulación de los productos fotosintéticos, mediante a través de la absorción de las raíces y de los metabolitos que son producidos por la planta, pero para su estructura de grano tiene que ver bastante con la inflorescencia femenina en la cual es denominada espiga. Una de sus estructuras puede contener de 300 a 1000 granos según las hileras sembradas, el peso del grano puede variar entre 19 a 30 gramos por cada 100 granos, todo esto se debe a la recolección de la panoja en la cual se lo hace de forma manual, el número de granos y las filas de la mazorca solo dependerá de la variedad y del vigor de la planta de maíz que se haya sembrado en dicho terreno (Estrada, 2020).

#### **2.2.4.7. Estructura del grano.**

Los granos son desarrollados mediante la acumulación de los productos fotosintéticos, mediante a través de la absorción de las raíces y de los metabolitos que son producidos por la planta, pero para su estructura de grano tiene que ver bastante con la inflorescencia femenina en la cual es denominada espiga (Chávez, 2020).

#### **2.2.4.8. Mazorca.**

Es originada a partir de las yemas axilares entre los nudos que se despliegan por el pedúnculo o del tallo modificado mediante los entrenudos cortos, donde aparentemente crecen las

brácteas y las hojas modificadas de la cual protegen a los granos de formación. Cada mazorca dependerá de su respectivo tamaño y sobre todas las condiciones ambientales que estén presente en dicho lugar, mayor población de plantas menor tamaño tendrá las mazorca, cada mazorca tendrá su respectivo número de grano ya sea por hilera esto podría llegar a más de 40 granos (Chávez, 2020).

### **2.2.5. Determinación de las etapas de desarrollo del maíz**

En algunas partes del mundo con clima cálido constante (regiones tropicales y subtropicales), muchos granjeros los denominan “días de madurez”. Esta es una medición de tiempo desde la siembra hasta el momento “listo para la cosecha”, y es una herramienta útil para usar en estas partes del mundo ya que las temperaturas altas y bajas diarias son muy consistentes (Yzarra *et al.*, 2029).

Para determinar la fenología correcta en el desarrollo del cultivo de maíz, tenemos una breve descripción donde podemos obtener dos grandes estados fenológicos dividido por: etapa vegetativa (V) y etapa reproductiva (R). En la etapa vegetativa (V) se puede referirse por la acumulación existencial de biomasa que suele presentarse en el cultivo de maíz durante en el desarrollo y en la parte reproductiva, consta de subperiodos identificados con la letra R y un subíndice. Comienza con la emergencia de los estigmas (R1) y finaliza con la madurez fisiología de los granos (R6) (Yzarra *et al.*, 2029).

#### **2.2.5.1. Etapas vegetativas del maíz.**

En la etapa vegetativa son caracterizada por la presencia de las hojas emergidas que se presenta en el estadio de emergencia, en las hojas de maíz tiene tres parte principales en la cuales están dividida de las siguientes forma: cuerpo, vaina y cuello, del modo de que cada una cumple una función muy distinta en la cual nos permite saber que el cuerpo es la parte fundamental de la hoja por motivo de que intercepta la luz solar, mientras que la vaina es envuelta alrededor del tallo y el cuello es la que está presente entre el cuerpo y la vaina, a medida que la planta crece cada hoja brota a la luz debido a la elongación del tallo y el esparcimiento de la hoja hasta poder llegar al panojamiento (Deras Flores , 2020).

### **2.2.5.2. Etapas reproductivas del maíz.**

Unas de las etapas reproductivas es el desarrollo de la panoja precede al de la mazorca y después que todos los primordios foliares se han iniciado, el meristemo apical se elonga y se transforma en un meristemo reproductivo masculino que se transformará a su vez en la panoja, la primera etapa reproductiva R1, que se asemeja exclusivamente por la emergencia de los estigmas del maíz. Existen seis tipos de etapas reproductivas en la cual se refiere principalmente en el desarrollo del grano. En las etapas reproductiva R2, R3 y R4 se asemeja mucho en los granos de las espigas, mientras que en R5 y R6 son correspondido a la madurez y la culminación de la etapa fenológica que se presenta en el cultivo del maíz (Deras Flores , 2020).

### **2.2.6. Condiciones climáticas del maíz**

El maíz se desarrolla bien entre 20 y 29°C, la temperatura ideal de este cultivo esta entre 24°C y 26°C, la precipitación es de 700 a 1,300 mm, y de 800 horas de sol anuales se desarrolla en una altitud comprendida entre 2, 400 a 2, 800 metros sobre el nivel del mar (De la Cruz, 2016).

En su ciclo vegetativo, los requerimientos hídricos son de 600 – 800 mm. No debe faltarle agua durante la germinación y floración. En esta última etapa se presenta el máximo requerimiento de agua, o sea 15 días antes de la floración hasta cuando la mazorca está completamente formada y llena. Una deficiencia en el aporte de agua y nutrientes en especial de los nitrogenados, unas tres semanas, que preceden a la floración femenina, perjudicará el resultado de la cosecha de forma irreversible. En cuanto a los suelos, se adapta a una gran variedad de ellos; no obstante, son preferibles suelos de texturas medias, bien drenados y sueltos con un pH entre 5.5 y 7 (De la Cruz, 2016).

### **2.2.7. Plagas que afectan al cultivo de maíz**

El cultivo de maíz es atacado por una serie de plagas y en cualquier etapa fenológica del cultivo. Entre los principales insectos-plagas del cultivo de maíz encontramos: gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), barrenador del tallo (*Diatraea* spp.), gusano elotero o de la mazorca (*Heliothis* spp.), gusano cortador (*Agrotis ipsilon*) (Valarezo *et al.*, 2010).

Entre las plagas mencionadas anteriormente, la que mayor impacto ocasiona en el cultivo de maíz es el gusano cogollero (*S. frugiperda*) (Valarezo *et al.*, 2010).

#### **2.2.7.1. Gusano cogollero (*S. frugiperda*) en el cultivo de maíz.**

El gusano cogollero (*S. frugiperda*), es una de las plagas de mayor importancia económica en cultivos como: sorgo, arroz, frejol y soya, pero muestra una mayor preferencia por el cultivo de maíz, especialmente en las regiones tropicales y subtropicales de América. Esta plaga puede actuar como perforador del tallo, ocasionando marchitamiento en la planta, afectando los haces vasculares y por ende dificultando el traslado de nutrientes y agua absorbidos por las raíces, además actúa como barrenador del tallo de la planta, afectando los estigmas, las espigas y la mazorca. En diversas localidades del Ecuador se han registrado pérdidas causadas por este insecto de entre el 13% al 60% (Betancourt, 2019).

Por esta razón, en el manejo se debe monitorear la presencia de las larvas de manera cuidadosa teniendo en cuenta que el insecto puede trasladarse de un cultivo a otro y que además los pastos y socas siempre albergan poblaciones que incidirían peligrosamente para el siguiente cultivo instalado en el mismo lugar o terreno. Por otra parte, en gramíneas tales como maíz y sorgo, la presencia de la plaga se considera endémica, es decir, siempre existen poblaciones que causan daño en mayor o menor proporción al cultivo (Betancourt, 2019).

#### **2.2.7.2. Taxonomía del gusano cogollero.**

Por otra parte, según (Hernández, 2021), asegura que la clasificación taxonómica del gusano cogollero es la siguiente:

Reino: Animal  
Clase: Insecta  
Orden: Lepidoptera  
Familia: Noctuidae  
Género: *Spodoptera*  
Especies: *frugiperda*

### **2.2.7.3. Ciclo biológico de *S. frugiperda***

- ***Huevo***

Los huevos son puestos en grupos o masas de unos 100 huevos protegidos por una telilla transparente. Individualmente son formas globosas estriadas radialmente de color rosado pálido que se torna gris a medida que se aproxima a la eclosión. Y que a los dos o tres días después que copula la hembra inicia la ovoposición, en el envés de las hojas (Yaranga, 2014).

- ***Larva***

Las larvas al momento de la emergencia (larva neonata), poseen un cuerpo de color blanco verdoso con una banda longitudinal más oscura sobre el dorso. Al máximo desarrollo después de 4 a 20 días de nacidas pueden llegar a medir más de 20mm de longitud como nos indica (Yaranga, 2014).

- ***Pupa***

Cuando la larva esta próxima a pasar al estado de pupa busca el suelo para preparar su cámara pupal, y luego deja de moverse, sufre una muda y se transforma en pupa de 14 a 17 mm de longitud y en este estado dura de 7 a 10 días, toma una coloración caoba en este estadio (Yaranga, 2014).

- ***Adulto***

Son mariposas de color pardo moteado, más claro en los machos, los cuales tienen en la mitad de las alas anteriores una mancha clara ovalada, bien definida unida a una mancha oblicua en forma de V del mismo color. Mientras que las hembras presentan la mancha oblicua unida a otra de forma irregular menos visible. Las alas posteriores son de color blanco perla, grises hacia los bordes terminando en flecos en ambos pares de alas y sexos con una envergadura de 30 a 35 mm y 20 a 25 mm de largo (Yaranga, 2014).

### **2.2.7.4. Características generales de *S. frugiperda*.**

Presenta dimorfismo sexual, las características distintivas del macho son: expansión alar de 32 a 35 mm; longitud corporal de 20 a 30 mm; siendo las alas anteriores pardo-grisáceas con algunas pequeñas manchas violáceas con diferente tonalidad, en la región apical de estas se encuentra una ancha blanquecina notoria, orbicular tiene pequeñas manchas diagonales, una bifurcación poco visible que se extiende a través de la vena costal bajo la mancha reniforme; la línea subterminal parte del margen la cual tiene contrastes gris pardo y gris azulado. Las alas posteriores no presentan tintes ni venación coloreada, siendo más bien blanquecina, las hembras tienen una expansión alar que va de los 25 a 40 mm (Chango, 2012).

#### **2.2.7.5. Hábitos y daños *S. frugiperda*.**

Es una plaga polífaga con preferencias a las plantas herbáceas, principalmente a las gramíneas, es una especie americana y dentro de la zona tropical y subtropical evoluciona continuamente todo el año en cuanto que en las zonas frías su comportamiento es estacional. Ataca preferentemente maíz (Chango, 2012).

El cogollero hace raspaduras sobre las partes tiernas de las hojas, que posteriormente aparecen como pequeñas áreas translúcidas; una vez que la larva alcanza cierto desarrollo, empieza a comer follaje perfectamente en el cogollo que, al desplegarse, las hojas muestran una hilera regular de perforaciones a través de la lámina o bien áreas alargadas comidas (Chango, 2012).

#### **2.2.7.6. Métodos de control.**

El método de control comúnmente utilizado es el uso de sustancias químicas, las cuales al no efectuarlas de forma eficiente pueden llegar a desequilibrar el ecosistema, destruir los organismos benéficos y ocasionar que la plaga desarrolle a poblaciones de insectos resistentes a los insecticidas debido a la mala utilización de las dosificaciones en los productos químicos (Litardo, 2019).

Los beneficios por el control biológico natural y además el reconocimiento en las interacciones existentes entre las poblaciones de las plagas e incluso de sus enemigos naturales han permitido múltiples investigaciones hasta la actualidad. De los agentes

importantes dentro del control biológico, los depredadores y parasitoides son aquellos posicionados como los más eficaces que actúan con la finalidad de reducir la población de los insectos plagas (Litardo, 2019).

- ***Control etológico***

Consiste en determinar la atracción que los insectos sienten por determinados estímulos utilizando dispositivos químicos o físicos que afectan el comportamiento de los insectos tales como fermentos, luz, colores y feromonas (Litardo, 2019).

- ***Control biológico***

Para controlar a esta plaga se utiliza cepas de hongos entomopatógenos como *Beauveria bassiana* y de *Bacillus thuringiensis* el cual debe ser en condiciones semicontroladas para llegar a obtener el 95% de mortalidad de las larvas *S. frugiperda* su efecto es de producir toxinas, originando una parálisis intestinal, haciendo que las larvas dejen de alimentarse de la planta y muera (Litardo, 2019).

- ***Control químico***

Para un control eficaz y de alta especificidad, presentamos Expander®, un insecticida, que está compuesto por dos activos de diferente modo de acción de contacto e ingestión. Presenta alta persistencia de control contra Gusano cogollero. Entre sus mayores beneficios, posee alta estabilidad de las moléculas, bajo impacto a la fauna benéfica, manejo anti-resistencia y efecto rápido de derribe (Litardo, 2019).

#### **2.2.8. *Las diatomeas***

Las diatomeas son las microalgas más numerosas del fitobentos y fitoplancton que debido a sus características biológicas y ecológicas reflejan adecuadamente el estado ecológico de las aguas superficiales frente a impactos antrópicos. Así también proporcionan información valiosa de la condición del ecosistema acuático al igual que los indicadores animales (macro invertebrados y peces) (Maidana *et al.*, 2005).

La tierra de diatomeas proviene de la acumulación de restos fósiles de algas unicelulares de agua dulce (diatomitas). La tierra de diatomeas es un producto con características notables de insecticidas que actúa sobre los artrópodos en general y los insectos en particular, induciendo una deshidratación descontrolada de los mismo (Torres, 2011).

La tierra de diatomeas tiene efecto insecticida natural, protege productos agrícolas almacenados y plantas ornamentales, es considerada como un agente de purificación, filtrado, abrasivo, materiales de construcción, test de pruebas de laboratorio en medicina forense y bioindicadores (Torres, 2011).

#### ***2.2.8.1. Propiedades físicas químicas de la tierra de diatomeas.***

La diatomea está constituida por dióxido de silicio (SiO<sub>2</sub>) de restos fosilizados de diatomeas de agua dulce y salada. El SiO<sub>2</sub> constituye cerca del 70 al 90 % del total de los compuestos presentes en la diatomea, el resto son pequeñas cantidades de minerales, tales como, cristales de silicio, calcio, fósforo, azufre, níquel, zinc, manganeso, aluminio, óxido de hierro, magnesio, sodio, cal (Torres, 2011).

#### ***2.2.8.2. Acción insecticida.***

Su estructura filamentosa produce heridas en todo tipo de insectos, y su característica deshidratante absorbe sus líquidos interiores, eliminándolos por deshidratación. Por ser una acción física, no deja desarrollar la capacidad de inmunidad en insectos. La tierra de diatomeas es considerada un insecticida natural, ocasiona la muerte de insectos al eliminar el efecto del revestimiento ceroso (quitina) que poseen (Illana, 2008).

La tierra de diatomeas espolvoreado en seco o pulverizado en agua sobre los cultivos es capaz de causar la mortalidad de: gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), ácaros (*Dermatophagoides farinae*), arañas (*Araneae* sp.), babosas (*Limaco* sp.), caracoles (*Helix aspersa*), chinches (*Cimex lectularius*), cucarachas (*Periplaneta americana*), garrapatas (*Rhipicephalus sanguineus*), gorgojos (*Sitophilus granarius*, *S. zeamais*), hormigas (*Formica* spp.), moscas (*Musca domestica*), mosquitos (especies de la familia *Culicidae*), piojos (*Pediculus humanus*), pulgas (*Pulex irritans*), pulgones (especies de la familia *Aphididae*), termitas, trips (*Frankliniella occidentalis*) (Roca, 2020).

### 2.2.8.3. *Beneficios de la tierra de diatomeas.*

La tierra de diatomeas presenta las siguientes ventajas:

- Indicadores de cambios hidrológicos y de clima
- Indicadores de la acidificación de aguas superficiales
- Indicadores de eutroficación de lagos
- Insecticida natural
- Agentes purificadores (Roca, 2020).

### 2.2.9. *Revisión histórica del tema en estudio*

La tierra diatomeas han tenido un papel importante a lo largo de historia, en el año 1778 el naturalista danés Peter Wilhelm Lund, quien estudió fósiles en América del Sur, realizó algunas de las primeras observaciones de diatomeas y sus esqueletos microscópicos. En la década de 1830 el naturalista alemán Christian Gottfried Ehrenberg (1795-1876) realiza investigaciones pioneras sobre las diatomeas, identificando su naturaleza microscópica y sus esqueletos de sílice, posterior en el año 1834 el botánico alemán Heinrich Gottlieb Ludwig Reichenbach publicó un artículo que reconoció por primera vez la naturaleza biológica de las tierras diatomeas (Rivera, 2006).

Rivera (2006), Rivera *et al.* (2003) y Tapia *et al.* (2004); indica que en la década de 1840 el científico alemán Friedrich Adolph Kützing (1807-1893) contribuye a la clasificación y descripción de las diatomeas, lo que sentó las bases para futuras investigaciones. En 1854 el científico e inventor estadounidense L.N. Ebenezer Emmons describe el uso de tierras diatomeas como aislante térmico en la construcción de hornos y ladrillos refractarios. Para 1900 el químico alemán Richard Zsigmondy (1865-1929) desarrolla la teoría de la dispersión coloidal, que tiene aplicaciones en la tecnología de las tierras diatomeas y su uso en la clarificación de líquidos.

En el año de 1908 la científica alemana Margarete Kahmann destacó la utilidad de las tierras diatomeas en la filtración de agua y su capacidad para eliminar partículas y microorganismos y en 1915 El entomólogo alemán Julius Kühn publicó investigaciones sobre el uso de tierras

diatomeas en la protección de cultivos contra plagas de insectos, reconociendo su eficacia en el control de plagas. Posterior en el año de 1933 el geólogo estadounidense L. C. Johnson describió la presencia de tierras diatomeas en rocas sedimentarias de los Estados Unidos y sus aplicaciones industriales (Rivera *et al.*, 2003).

Para la década de 1940 durante la Segunda Guerra Mundial, las tierras diatomeas se utilizan para filtrar combustibles y aceites en la aviación, contribuyendo al esfuerzo bélico. En 1943 los científicos alemanes E. Oberland y K. Gerke patentaron un proceso de purificación de tierras diatomeas para su uso en la filtración de aceites. En 1950 se desarrollan aplicaciones comerciales en la agricultura para el control de plagas de insectos y la protección de cultivos. El entomólogo estadounidense Paul R. Burkholder (1913-2008) contribuye a la investigación sobre el uso de tierras diatomeas en la agricultura (Tapia *et al.*, 2004).

Para el año de 1954 el químico suizo Walter Müller publicó investigaciones sobre la estructura de las diatomeas y sus aplicaciones industriales en la construcción de ladrillos refractarios. En la década de 2000 el interés en las tierras diatomeas como alternativa en la agricultura orgánica y la jardinería ecológica aumenta. Investigadores como Andrew O. Wayman y Diana H. Roberts exploran su uso en aplicaciones agrícolas (Rivera *et al.* 1982).

En el 2005 el biólogo estadounidense Stuart Lindsay condujo investigaciones sobre el uso de tierras diatomeas en la nanotecnología y la detección de moléculas. Numerosos estudios respaldan la eficacia de las tierras diatomeas en el control de insectos. Por ejemplo, González y Gómez (2006), con el objetivo de evaluar el porcentaje de mortalidad de *Sitophilus zeamais* con dos insecticidas naturales, tierra de diatomeas y pimienta negra (*Piper nigrum*), ambos en forma de polvo y en diferentes concentraciones en granos almacenados de maíz *Zea mays var. amylacea*. Los tratamientos fueron: (T1) tierra de diatomeas 0,1%, (T2) tierra de diatomeas al 0,5%, (T3) tierra de diatomeas al 1%, (T4) pimienta negra 0,1%, (T5) pimienta negra 0,5%, (T6) pimienta negra 1% y (T7) testigo sin tratar.

La tierra de diatomeas (TD) al 0,5% presentó un elevado porcentaje de mortalidad de *S. zeamais* (96,67%). La concentración del 1% (TD) presentó 93,33%, obteniéndose una mortalidad más rápida, comparando con la concentración 0,5%. La dosis más baja de (TD) 0,1% fue menos eficiente. La pimienta negra (PN) con concentración de 0,5% tuvo una eficiencia de 78,33% de mortalidad. Con la concentración del 1% de (PN) se obtuvo un

porcentaje de mortalidad del 93,33%. La dosis menor de pimienta negra (0,1%) presentó bajo porcentaje de mortalidad (10%) sobre *S. zeamais* (González y Gómez, 2006).

(Mazzuferi *et al.*, (2006) evaluó la eficiencia y persistencia de tierra de diatomeas (80% partículas < 10 µ) para el control de adultos de *Sitophilus zeamais* en semillas de maíz. Se usaron tres dosis (0,5, 1 y 2 kg/t) de tierra de diatomeas (P-100%) y cuatro dosis (0,15, 0,25, 0,35 y 0,5 kg/t) de tierra de diatomeas+deltametrina sinergizada con butóxido de piperonilo. Evaluando a los 120 días y registrando un satisfactorio nivel de mortalidad para las dosis de 2 kg/t de tierra de diatomeas (P- 100%) y de 0,5 kg/ton de tierra de diatomeas+deltametrina, y se observó que ambas dosis impidieron la reproducción de los insectos. Las pruebas de calidad demostraron que los tratamientos no afectaron la viabilidad ni el vigor de las semillas.

Bilbao *et al.*, (2007) evaluaron la eficacia insecticida de TD al 60% de pureza, proveniente del yacimiento La Iglesiasana (San Juan, Argentina) sobre ninfas V y adultos de *T.infestans*. Se ensayaron dos dosis: 112,5 g/m<sup>2</sup> (T1) y 225 g/m<sup>2</sup> (T2), con cuatro réplicas por tratamiento, con cinco ejemplares, incluyendo los controles (TC) en el laboratorio. Se contaron los individuos vivos y muertos durante cinco días. No se encontró diferencias en la mortalidad en los adultos (T1: 40%, T2: 25% y TC: 30%) ni en las ninfas V (T1: 10%, T2: 15% y TC: 10%). Smith *et al.* (2008) llevaron a cabo investigaciones que demostraron la eficacia de las tierras diatomeas en el control de chinches de la cama.

En la década de 2010 se realizan estudios científicos más detallados sobre los mecanismos de acción de las tierras diatomeas en la lucha contra insectos, lo que lleva a un mejor entendimiento de su eficacia. Autores como Michael S. Smith y David J. Horn exploran esta área. En el mismo año la científica argentina Elvira Suárez-Iha publicó investigaciones sobre la purificación de agua utilizando tierras diatomeas (Rivera *et al.* 1982). Otros estudios, como el de Gardiner *et al.* (2011), han explorado la aplicabilidad de las tierras diatomeas en el control de plagas en cultivos agrícolas. La versatilidad de las tierras diatomeas, su bajo impacto ambiental y su eficacia contra una amplia variedad de insectos hacen que sean una herramienta valiosa en la gestión integrada de plagas. Sin embargo, es importante tener en cuenta que su eficacia puede variar según las condiciones ambientales y el tipo de plaga.

En esta investigación Torres , (2011) propuso y evaluó alternativas de control de insectos plagas de granos almacenados, la Tierra de Diatomeas para controlar a *Sitophilus zeamais*, *Rhyzopertha dominica* y *Tribolium castaneum*, especies predominantes en almacén. Para cada especie de insectos fueron evaluadas cuatro dosis de Tierra de Diatomeas más un testigo durante tres periodos de exposición, el resultado fue que en la dosis más efectiva se encuentra entre los tratamientos 1 y 3.

Todos los tratamientos mostraron diferencia significativa respecto al testigo, donde se registraron las mortalidades nulas ó más bajas. A partir de los 30 días después de la aplicación se encontraron mortalidades de hasta 100% para todos los insectos. Se registró que no hubo diferencia significativa en el porcentaje de pérdida de peso con respecto a tratamientos de diatomeas, pero si hubo diferencia estadística con respecto al testigo, aunque los porcentajes de pérdida de peso fluctúan entre 2 y 3% en todos los casos, valores aceptables para la misma. El porcentaje de germinación de las semillas infestadas y tratadas con Tierra de Diatomea, para todos los tratamientos fue de arriba del 80%, por lo cual se postula que este polvo inerte no tiene efectos negativos en cuanto a la viabilidad de la semilla (Torres, 2011).

Méndez y Castellanos, (2017) con el objetivo de evaluar el efecto de la tierra de diatomeas (TD) y la cal sobre *Arion distinctus* en condiciones de laboratorio, y sobre ariónidos y agriolimácidos en campo, se emplearon tres dosis de tierra de diatomeas: 1, 2 y 4 kg/ha, una de cal agrícola a 2 kg/ha, y un testigo. Se obtuvo mayor efecto por contacto que de ingestión. Tanto en las aplicaciones en campo como en laboratorio, las mayores mortalidades se observaron a los siete días, sin diferencias significativas entre la TD y la cal. Los resultados obtenidos muestran que la TD es útil en el control de estas especies de moluscos y su resultado es mejor con dos aplicaciones.

Por otro lado, Botto, (2017) planteo como tratamientos varias dosis del producto orgánico más testigos convencional y absoluto, tales como Diatomeas en dosis de 1,5; 2,0 y 2,5 kg/ha, Clorpirifos (Testigo convencional) en dosis de 0,75 L/ha y un Testigo absoluto, sin aplicación de producto, donde determinó que el mayor porcentaje de incidencia y severidad de langosta (*Spodoptera frugiperda*) desde los 35 a 70 días después de la siembra, se reportó en el testigo absoluto; el cultivo floreció en mayor tiempo cuando se utilizó Diatomeas en

dosis de 2,0 kg/ha; la mayor altura de planta se obtuvo con el empleo de Diatomeas en dosis de 2,5 kg/ha.

El mayor número de macollos y panículas/m<sup>2</sup>, granos/panícula y longitud de panícula lo alcanzó el uso de Clorpirifos en dosis de 0,75 L/ha como testigo convencional; el peso de 1000 granos se vio influenciado por el empleo de Diatomeas en dosis de 2,5 kg/ha y el mayor rendimiento de grano y beneficio neto se registró con el uso de Clorpirifos en dosis de 0,75 L/ha como testigo convencional con 5270,8 kg/ha y \$ 749,13 (Botto, 2017 ).

Méndez y Castellanos, (2017) con el objetivo de determinar la eficacia por contacto e ingestión de la tierra de diatomeas contra *Helix aspera* con tratamientos por aspersión y espolvoreo “in vitro” propuso realizar ensayos con diseños completamente aleatorizados con cinco tratamientos y cuatro repeticiones. Los tratamientos estuvieron constituidos por tres dosis de tierra de diatomeas (1 kg/ha, 2 kg/ha, 4 kg/ha), cal Agrícola a 2 kg/ha, y un testigo. Donde encontró que el efecto de la tierra de diatomea tanto por contacto como por ingestión en aplicaciones por aspersión y por espolvoreo contra el molusco *H. aspersa* resulta bajo a las dosis entre 1 y 4 kg/ha en condiciones “in vitro”, por lo que no sería aconsejable recomendar este producto alternativo en condiciones de campo solo para el control de este molusco a estas dosis.

Cristaldo *et al.*, (2018) con el objetivo evaluar la respuesta de diferentes dosis de tierra de diatomea en dos variedades de maíz para control de gorgojos. Donde el T1 (testigo), T2 (2 g), T3 (4 g), T4 (6 g), T5 (8 g), T6 (10 g) y T7 (5 ml tratamiento químico) encontrándose que en las mediciones realizadas a los 7 y 15 días se registraron significancia, donde el T7 fue superior para el porcentaje de mortalidad destacándose así en las otras determinaciones especialmente para la variedad Tupi.

Siguiendo del T6 y T5, que comparadas con la menor dosis obtuvieron resultados favorables durante el transcurso del experimento, no hubo diferencia significativa en cuanto a porcentaje de pérdida de peso con respecto a tratamientos de diatomeas, pero si hubo diferencia estadística con respecto al testigo. De acuerdo a estos resultados cuanto mayor sea la dosis de TD, mayor será la persistencia del producto en el grano, ocasionando así mejor control de los gorgojos (Cristaldo *et al.*, 2018).

Torres *et al.*, (2019) plantearon como objetivo evaluar la eficacia de cuatro dosis (0,7g/kg, 0,5g/kg, 0,25g/kg, 0,15g/kg) de tierras de diatomeas (TD) (Diatomaceus Earth Sigma®) como un método alternativo de control contra tres plagas de alimentos predominantes en almacén, *Sitophilus zeamais*, *Rhizopertha dominica* y *Tribolium castaneum*, utilizando una mezclada de semillas de trigo con las dosis de TD y trigo como control.

Todos los tratamientos comparados con el testigo, mostraron diferencia estadística de mortalidad de los insectos a los 20 y 30 días, pero las más altas ocurrieron a los 30 días en la mayoría de los casos. También se verificó la pérdida de peso y germinación de las semillas impregnadas y sin impregnar con las diatomeas. En las primeras, la pérdida fluctuó entre 2 a 3% pero no difirió estadísticamente dentro de los tratamientos, pero si con las del testigo. La germinación en las semillas tratadas fue hasta del 80% y mucho menor en las del control (Torres *et al.*, 2019).

En la década de 2020 las tierras diatomeas siguen siendo una herramienta clave en la agricultura sostenible. Investigadores como Emily K. Luna se centran en su aplicación en la protección de cultivos y en la reducción de la dependencia de pesticidas químicos. En el mismo año el microbiólogo estadounidense John Chege investigó el uso de tierras diatomeas en aplicaciones médicas, incluyendo la liberación controlada de medicamentos.

Marrero *et al.*, (2020) con el objetivo de evaluar la eficacia de la Tierra Diatomea (Protect IT ®) para el control de *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae) en un Silo Metálico de la provincia de Matanzas, Cuba. En el silo evaluaron tres grupos: un tratamiento (Protect IT (90 % de Tierras Diatomeas)), un control positivo (Actellic CE 50 (Pirimifos-metilo) y un control no tratado. La dosis probada de Tierra Diatomea mostró actividad insecticida, durante los dos primeros meses y causó porcentajes de mortalidad de 100 %, sin diferencias estadísticas significativas con el insecticida Actellic. Transcurridos tres meses, la mortalidad del insecto fue de 60 %, valor que difirió estadísticamente respecto al insecticida sintético.

Así mismo Roca, (2020) con el objetivo de determinar el efecto de tierra de diatomeas en el control de tres poblaciones de gorgojos del maíz (*S. zeamais*) en tres cantones de la Provincia de los Ríos. Realizó bioensayos de mortalidad y tiempo letal media (TL50), susceptibilidad (test de repelencia); producción de progenie y consumo de granos de maíz. Tres poblaciones

de gorgojos pertenecientes a los cantones: Buena Fe, Quevedo y Mocache fueron tratadas con dosis de: 1, 3,5 g de TD/kg de maíz. De acuerdo a los resultados obtenidos, las tres dosis usadas de TD fueron eficientes para el control de los insectos pertenecientes a las tres localidades, sin embargo, fue posible determinar diferencias en el TL50 para los insectos procedentes de cada localidad y dosis.

La población de insectos pertenecientes al cantón Quevedo alcanzó la totalidad de la mortalidad en un menor tiempo de 5, 5 y 6 horas para cada dosis respectivamente. En el bioensayo de susceptibilidad y progenie, la población de insectos del cantón Quevedo mostraron repelencia al utilizar las tres dosis de TD evaluadas; además presentaron la menor progenie de 64, 60 y 42 individuos nacidos procedente de padres tratados. En la variable consumo de granos, los valores más altos de consumo fueron de 2,32, 2,76 y 1,67 g respectivamente observados en el tratamiento testigo (Velez *et al.*, 2023).

Badilla *et al.*, (2021) con el objetivo de evaluar la efectividad de las tierras diatomeas (DE) para el control de plagas en granos de arroz *Oryza sativa* almacenado. Los insectos estudiados fueron *Sitophilus oryzae* y *Rhizopertha dominica*. Se utilizaron dosis de 500, 750, 900 y 1500 ppm de infectando muestras de 0,6 kg de arroz en granza con 50 adultos. Donde se observó una disminución en la progenie en las muestras tratadas con DE para ambas especies al compararlas con los testigos, obteniéndose diferencias significativas para el tratamiento de 1500 ppm con un valor de 89 % de reducción de la progenie para el *S. oryzae* y de 61 % para el *R. dominica*. Se observaron que *R. dominica* tiene una mayor resistencia a las DE. La DE fue un tratamiento físico efectivo para el control de los insectos en el arroz tanto correctivo como preventivo.

Heredia (2022), con el objetivo de determinar el efecto de algas de diatomeas en áfidos (*Brevicoryne brassicae*) de cuatro dosis de algas de diatomeas en dos variedades de brócoli (*Brassica oleracea* var. Avenger y Stell). Donde se obtuvo como resultados el tratamiento con mayor incidencia en plagas es el T10 (Stell) con un promedio de 34,67%. El brócoli con menor porcentaje de incidencia a plagas es el T4 (Stell 25g/l) con un porcentaje promedio de 13,33% ubicándose en el último rango (B); cabe notar que los tratamientos T7 (Avenger 45g/l), T8(Stell 45g/l), T2(Stell 15g/l) y T3(TAvenger 25g/l) se encuentran con un porcentaje de incidencia igual con un 20%. En costo el tratamiento T7 fue el que mejor

resultados arrojo por lo tanto, se recomienda utilizar para el control de 25g/l como alternativa al control químico.

Yamberla, (2022) con el objetivo de evaluar la aplicación foliar de silicio para el control de trips (*Frankliniella occidentalis* P.) en el cultivo de rosa var. Coldplay en la finca Stampbox S.A, Bolívar-Carchi. Los resultados señalaron que la dosis de 0,75 g l<sup>-1</sup> indica una reducción del 47% de la población del trips, mientras que la incidencia y severidad no muestra diferencias significativas. Además, se identificaron un 24,15% de tallos afectados siendo el de mayor relevancia obteniendo una reducción del 3,52% y un incremento de 23,72% de tallos cosechados, esto con respecto al testigo.

Palacios y Vera (2022), con el fin de evaluar la respuesta agronómica de tres distancias de siembra del cultivo de jengibre con aplicaciones foliar y edáfica de tierra de diatomeas. En cuanto a los resultados se obtuvo menor días a la emergencia a los 19 días después de la siembra con T3 (40 cm/planta-aplicación foliar); mayor porcentaje de emergencia T4 (40 cm/planta con aplicación edáfica) con 94.00% de plantas emergidas. El mejor resultado en altura de planta se presentó con T1 (20 cm/planta con aplicación foliar) con 31,57 cm, en los 30 días, a los 60 días de evaluación T3 (40 cm/planta con aplicación foliar) obtuvo mayor altura de planta con 62,31 y a los 90 días con el mismo tratamiento con 83,98 cm de altura.

En cuanto al número de hijuelos T4 (40 cm/planta con aplicación edáfica), presentó mayores resultados con 20,50 hijuelos por planta. El número de rizomas fue superior en T4 (40 cm/planta con aplicación edáfica) con 10,63 rizomas en promedio, mientras la mayor longitud de rizomas se presentó en T4 (40 cm/planta con aplicación edáfica) con 24,50 cm, se obtuvo rizomas de mayor peso con T4 (40 cm/planta con aplicación edáfica) con 259,43 g. dando un rendimiento de 13,21 t/ha. En el análisis económico se determinó que las aplicaciones de diatomeas en distancias de siembra de 60 cm, con los dos métodos de aplicación presentan altos costos de producción USD. 9,31 por tratamiento, mientras que T4 (40 cm/planta con aplicación edáfica), obtuvo los mayores ingresos con USD. 15,38 y una relación beneficio/costo de USD. 0,74 por cada dólar invertido en la producción de jengibre (Palacios y Vera, 2022).

**CAPÍTULO III**  
**MEDOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

### 3.1 Localización

La presente investigación se realizó en el área experimental de Campus Experimental “La María” perteneciente a la Universidad Técnica Estatal del Quevedo, Km 7,5 de la vía Quevedo - Mocache con coordenadas: 79° 29' 24'' longitud este y 01° 03' 18'' de latitud sur, altitud 67 m s.n.m y que se encuentra en una zona climática tropical húmeda. En la Tabla 1, se indica las características agroclimáticas que posee el Campus “La María”.

**Tabla 1**

*Características agroclimáticas del Campus “La María” UTEQ – Mocache.*

<b>Parámetros</b>	<b>Promedios anuales</b>
Temperatura	24.9 °C
Precipitación	2295.1mm
Heliofanía	87.2 h
Humedad relativa	84%

**Fuente:** Estación meteorológica Pichilingue INAMHI  
– serie multianual 1990 – 2019

**Elaboración:** autor

### 3.2 Tipo de Investigación

La investigación fue de tipo experimental y exploratoria. De tipo experimental porque fueron realizados ensayos para evaluar la diferente dosis de tierra de diatomeas utilizadas para el control del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en el cultivo de maíz y de tipo exploratoria porque existen pocos antecedentes relacionados al uso de tierra de diatomeas para el manejo de esta especie plaga en Ecuador.

### 3.3 Métodos de Investigación

Se utilizó el método deductivo partiendo de lo general a lo específico, para la determinación de las diferentes variables acorde a los objetivos planteados. También se usó el método inductivo que permitió cumplir con un proceso de razonamiento que se

basó en la observación y la experimentación para llegar a una conclusión general a partir de casos específicos. En este caso reconocer el efecto de tierra de diatomeas para el control de gusano cogollero.

### **3.4 Fuentes de recopilación de la información**

La recopilación de la información se realizó de fuentes primarias y secundarias. Fuentes primarias: a través de la observación directa de las variables que fueron evaluadas, además, se utilizó fuentes secundarias de textos, revista científicas, documentos y otros, con la finalidad de obtener datos actualizados sobre el control de gusano cogollero con tierra de diatomeas que nos permitan comparar e inferir con los resultados generados en los ensayos.

### **3.5 Diseño de la investigación**

#### ***3.5.1. Factor de estudio***

Se evaluó el efecto de tres dosis de tierra de diatomeas como medida de control para el gusano cogollero (*S. frugiperda*) además, se implementaron dos tratamientos controles en los que se utilizó insecticida (control positivo) y ningún producto (control negativo).

Los factores en estudio están basados en la evaluación de las características agronómicas y productivas medidas en plantas de maíz y el efecto de los tratamientos sobre la incidencia y severidad del gusano cogollero. Además, se identificó la dosis más eficiente para el control de la plaga en estudio utilizando como referencia las variables en estudio antes mencionadas.

#### ***3.5.2. Tratamientos***

Para la evaluación de las variables en estudio se emplearán cinco tratamientos, los cuales se detallan a continuación (Tabla 2.).

**Tabla 2***Tratamientos utilizados en la investigación.*

TRATAMIENTOS	
<b>T1</b>	TD (1g/planta)*
<b>T2</b>	TD (3g/planta)*
<b>T3</b>	TD (5g/planta)*
<b>T4</b>	Insecticida (Ampligo SC) (Control positivo)
<b>T5</b>	Sin aplicación (Control negativo)

\* Tierra de diatomeas (TD)

**Elaboración:** autor**3.5.3. Diseño experimental**

Para el presente proyecto de investigación se utilizó un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con cuatro bloques y cinco tratamientos.

En la tabla 3, se muestra el esquema de análisis de varianza que fue utilizado para los ensayos realizados en el presente estudio.

**Tabla 3***Adeva para experimento realizado en condiciones de campo.*

Fuente de variación			Grados de libertad
Bloques	(r-1)	4-1	3
Tratamientos	(t-1)	5-1	4
Error experimental	(t-1) (r-1)	(5-1) (4-1)	12
Total	(tr-1)	(20-1)	19

**Elaboración:** autor

### 3.5.4. Características de las unidades experimentales

En la tabla 4, se muestran las características del establecimiento de las parcelas experimentales del ensayo.

**Tabla 4**

*Características de las unidades experimentales.*

<b>Características</b>	<b>Dimensión</b>
Hileras por parcela	4
Distancia entre hileras	0,80 m
Distancia entre plantas	0,20 m
Distancia entre repeticiones	1,00 m
Número de plantas por hilera	20
Número de plantas por parcela	80
Número total de plantas del ensayo	1600
Área total del ensayo	288 m <sup>2</sup>
Área neta de la parcela	4,32 m <sup>2</sup>
Área de la unidad experimental	6,4 m <sup>2</sup>

**Elaboración:** autor

## 3.6. Instrumentos de investigación

### 3.6.1. Manejo del Experimento

#### 3.6.1.1. Siembra del maíz.

La siembra del maíz se efectuó de forma manual con la implementación de un espeque. Se utilizó un distanciamiento de siembra de 0,8m x 0,2 m, en la cual se utilizó dos semillas por orificio. El material de siembra utilizado fue el híbrido Advanta 9139.

#### 3.6.1.2. Control de Malezas.

El control de malezas dentro de las parcelas experimentales se llevó a cabo mediante limpieza manual.

### **3.6.1.3. Fertilización.**

La fertilización se la realizó de acuerdo a los requerimientos nutritivos del cultivo de acuerdo con un análisis de suelo realizado en la Finca Experimental la María. Se aplicó fertilizante granulado cuya composición disponía de (N: 12,72%; P: 13,50% y K: 10,35%) (aplicación edáfica) después de los 12 días después de la siembra, a los 35 días se hizo una última aplicación.

### **3.6.1.4. Aplicación de los tratamientos.**

La tierra de diatomeas se encontraba en formulación sólida por lo que se realizó su aplicación de forma manual directamente en el cogollo de la planta, mientras que, para el tratamiento con insecticida se utilizó una bomba de mochila de 20 L. La frecuencia de aplicación de los tratamientos fue a los 15, 25, 35, 45 y 55 días después de la siembra. Un día antes de cada aplicación se realizó el monitoreo para identificar la incidencia y severidad de daños ocasionada por el gusano cogollero (*S. frugiperda*). Para el tratamiento con insecticida se utilizó la dosis sugerida por la casa comercial (8 cc en 10 L de agua).

## **3.6.2. Variables a evaluar en el experimento**

### **3.6.2.1. Incidencia del gusano cogollero (*S. frugiperda*).**

Para determina la incidencia del gusano cogollero fueron evaluadas 20 plantas de cada tratamiento escogidas aleatoriamente. La evaluación se realizó un día antes de cada aplicación de los tratamientos. Se utilizó la siguiente fórmula para verificar a incidencia (Vanderplank, 2012):

$$\% I = \frac{\text{No. plantas afectadas}}{\text{Total de plantas evaluadas}} * 100$$

#### **3.6.2.2. Severidad del gusano cogollero (*S. frugiperda*).**

Para determinar el nivel de severidad de *S. frugiperda* en el ensayo se tomó 20 plantas aleatoriamente por cada tratamiento y por medio del uso de la escala de severidad de Davis, se realizó la evaluación descriptiva de cada planta (Whitten *et al.*, 1992).

#### **3.6.2.3. Altura de planta de maíz (cm).**

La medición de la altura de la planta se efectuó a los 15, 25, 35,45 y 55 días después de la siembra. Para lo cual, se seleccionó aleatoriamente 20 plantas por cada parcela experimental, y con la ayuda de un flexómetro se procedió a registrar la información, tomando en cuenta que la altura de planta se tomó desde la base del tallo hasta el ápice de la hoja superior.

#### **3.6.2.4. Diámetro de plantas (cm).**

Las mediciones del diámetro del tallo de las plantas de maíz fueron realizadas a los 15, 25, 35 y 50 días después de la siembra. Fueron evaluadas 20 planta por cada parcela experimental. Para tomar la medida de diámetro se utilizó un calibrador o pie de rey, el cual se ajusta de lado y lado del tallo tomando su medida en la parte del medio de la planta.

#### **3.6.2.5. Rendimiento kg/parcela.**

El rendimiento del cultivo de maíz se realizó una vez que las plantas cumplieron con la etapa de llenado y secado de los granos de maíz. Fue considerada toda la parcela experimental para obtener el rendimiento en kg/parcela.

### **3.7. Tratamientos de los datos**

Para las variables de altura, diámetro y de rendimiento se utilizó el análisis de varianza (ANOVA), y para las variables incidencia y severidad de gusano cogollero en el cultivo de maíz, se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskall Wallis. Los supuestos de normalidad y homogeneidad fueron revisados. Para las variables ajustadas a los supuestos

de normalidad y homogeneidad la comparación de medias se utilizó el test de Tukey ( $P < 0,05$ ). Para el análisis estadístico se utilizó el programa Infostat (versión 2020.1.2.) y RStudio (versión 4.2.2).

### **3.8. Recursos humanos y materiales**

#### **3.8.1. Recursos humanos**

- Docente director del Proyecto de Investigación.
- Estudiante responsable de la investigación.

#### **3.8.2. Recursos Materiales**

- Semilla de maíz (Advanta 9139)
- Fertilizantes
- Tierra de diatomeas (Diamante blanco, COFAECO S.A.)
- Ampligo SC (Insecticida)
- Bomba de mochila de 20 L.
- Balanza analítica
- Recipientes plásticos
- Flexómetro
- Calibrador
- Machete
- Estacas
- Piola
- Computadora
- Cuaderno
- Lápiz
- Esfero
- Calculadora
- Software Infostat, Excel

**CAPÍTULO IV**  
**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

## 4.1.Resultados

### 4.1.1. Altura de plantas de maíz

Según el análisis de varianza realizado, se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos para la variable de altura de planta a los 25, 35, 45 y 55 días después de realizada la siembra de maíz. La altura de planta más alta se obtuvo para el tratamiento 3 en el cual se utilizó 5g de tierra de diatomeas por planta, mientras que, los valores más bajos se obtuvieron para el tratamiento 5 en el cual no se realizó ningún tipo de aplicación. En la tabla 5, se muestra el promedio de altura obtenido para cada uno de los tratamientos.

**Tabla 5**

*Altura de planta a los 15, 25, 35, 45 y 55 días después de la aplicación de tierra de diatomea en el cultivo de maíz.*

Tratamientos	Evaluaciones				
	15 DDS	25 DDS	35 DDS	45 DDS	55 DDS
<b>T1</b> TD (1g/planta)	12,36 a	32,57 bc	84,91 b	127,01 ab	56,73 ab
<b>T2</b> TD (3g/planta)	12,40 a	32,84 abc	84,33 bc	128,28 ab	156,46 ab
<b>T3</b> TD (5g/planta)	12,44 a	33,79 a	88,24 a	130,05 a	159,30 a
<b>T4</b> Insecticida	12,50 a	33,26 ab	85,15 b	126,71 ab	155,89 ab
<b>T5</b> Sin aplicación	12,48 a	31,86 c	81,75 c	125,63 b	154,86 b
F	0,18	8,15	10,00	2,63	2,68
P	0,948	<0,001	<0,001	0,034	0,031
CV%	8,76	6,91	7,72	7,33	5,74

*Nota:* Letras diferentes indican diferencias significativas entre los tratamientos  $P < 0,05$  (Test de Tukey).

**Elaboración:** autor

#### 4.1.2. Diámetro del tallo de plantas de maíz

Según el análisis de varianza realizado, se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos para la variable de diámetro del tallo de plantas de maíz a los 25, 35, 45 y 55 días después de realizada la siembra de maíz. El diámetro del tallo de plantas de maíz más alto se obtuvo para el tratamiento 3 en el cual se utilizó 5g de tierra de diatomeas por planta, mientras que, los valores más bajos se obtuvieron para el tratamiento 5 en donde no se realizó ningún tipo de aplicación. En la tabla 6, se muestra el promedio del diámetro del tallo obtenido para cada uno de los tratamientos.

**Tabla 6**

*Diámetro de tallo a los 15, 25, 35, 45 y 55 días después de la aplicación de tierra de diatomea en el cultivo de maíz.*

Tratamientos		Evaluaciones				
		15 DDS	25 DDS	35 DDS	45 DDS	55 DDS
<b>T1</b>	TD (1g/planta)	0,29 a	0,62 bc	1,56 bc	1,79 ab	2,02 ab
<b>T2</b>	TD (3g/planta)	0,29 a	0,62 bc	1,51 cd	1,76 b	1,95 b
<b>T3</b>	TD (5g/planta)	0,30 a	0,66 a	1,67 a	1,86 a	2,05 a
<b>T4</b>	Insecticida	0,30 a	0,65 ab	1,60 ab	1,79 ab	1,98 ab
<b>T5</b>	Sin aplicación	0,30 a	0,60 c	1,47 d	1,74 b	1,96 b
F		0,27	5,66	12,17	4,74	3,82
P		0,898	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
CV%		24,96	14,81	12,56	10,24	9,25

*Nota: Letras diferentes indican diferencias significativas entre los tratamientos  $P < 0,05$  (Test de Tukey).*

**Elaboración:** autor

#### **4.1.3. Porcentaje de incidencia de *S. frugiperda* en plantas de maíz**

Según el análisis no paramétrico de Kruskal Wallis, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos para la variable de incidencia de *S. frugiperda* en plantas de maíz a los 15 (H = 17,59;  $\bar{X}$  = 7,5%; P=0,46); 25 (H = 18,11;  $\bar{X}$  = 28,5%; P=0,46); 35 (H = 18,43;  $\bar{X}$  = 25,75%; P=0,46); 45 (H = 18,49;  $\bar{X}$  = 23,00%; P=0,46) y 55 (H = 18,51;  $\bar{X}$  = 21,25%; P=0,46) días después de realizada la siembra de maíz. Aunque no se evidenció diferencias estadísticas entre los tratamientos, el tratamiento sin aplicación obtuvo el mayor porcentaje de incidencia de *S. frugiperda* durante los periodos de evaluación: 15, 25, 35, 45 y 55 días después de la siembra con 21,25%; 35,00%; 40,00%; 42,50% y 43,75% respectivamente.

#### **4.1.4. Porcentaje de severidad de *S. frugiperda* en plantas de maíz**

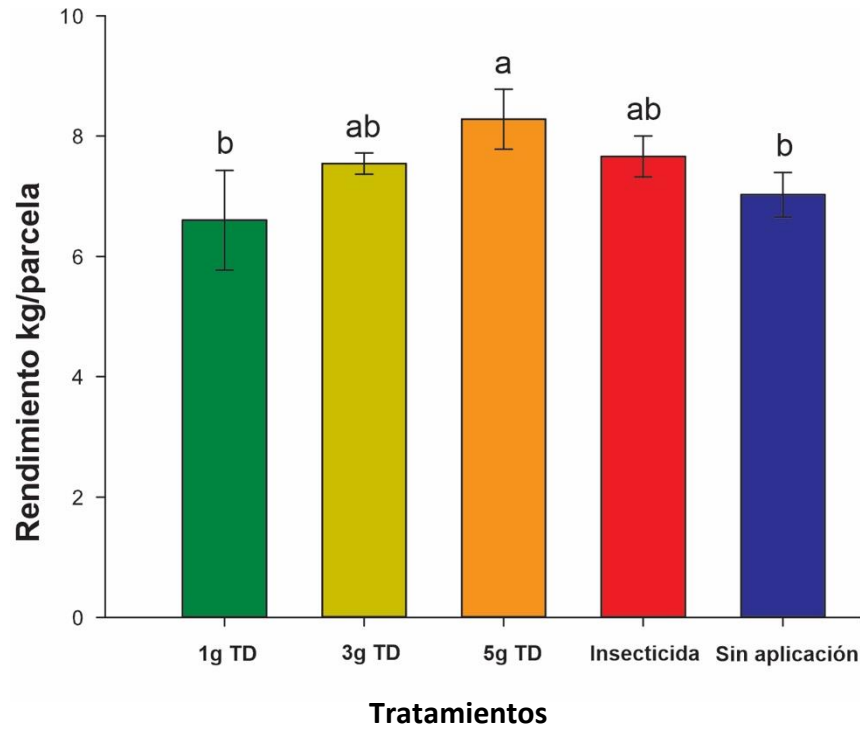
Según el análisis no paramétrico de Kruskal Wallis, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos para la variable de severidad de *S. frugiperda* en plantas de maíz a los 15 (H = 17,50;  $\bar{X}$  = 0,97%; P=0,46); 25 (H = 18,63;  $\bar{X}$  = 6,92%; P=0,46); 35 (H = 18,76;  $\bar{X}$  = 8,89%; P=0,46); 45 (H = 18,77;  $\bar{X}$  = 8,39%; P=0,46) y 55 (H = 18,91;  $\bar{X}$  = 7,00%; P=0,46) días después de realizada la siembra de maíz. Aunque no fue posible encontrar diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, el tratamiento sin aplicación obtuvo el mayor porcentaje de incidencia de *S. frugiperda* durante los periodos de evaluación: 15, 25, 35, 45 y 55 días después de la siembra con 2,50%; 8,47%; 12,36%; 17,22% y 18,06% respectivamente.

#### **4.1.5. Rendimiento de maíz en kg/parcela**

El rendimiento de maíz en kg/parcela fue evaluado para cada tratamiento y los resultados obtenidos muestran que existen diferencias significativas entre los tratamientos ( $F_{4,19} = 6,10$ ;  $P < 0,05$ ) (Figura 1). El tratamiento que obtuvo mayor rendimiento por parcela fue el tratamiento 3, (5g de tierra de diatomeas por planta) ( $\bar{X} = 8,30$  kg/parcela), seguido de los tratamientos 4 (Insecticida) ( $\bar{X} = 7,68$  kg/parcela) y 2 (3g de tierra de diatomeas por planta) ( $\bar{X} = 7,55$  kg/parcela). Los tratamientos que obtuvieron los rendimientos más bajos fueron el tratamiento 5 en que no se realizó ninguna aplicación ( $\bar{X} = 7,03$  kg/parcela) y el tratamiento 1 (1g de tierra de diatomeas por planta) ( $\bar{X} = 6,63$  kg/parcela).

### Figura 1

Rendimiento del cultivo de maíz en kg/parcela tratada con tres dosis de tierra de diatomeas, insecticida y sin aplicación de productos orgánicos o sintéticos.



Nota: Letras diferentes indican diferencias significativas entre los tratamientos (Prueba de Tukey).

Elaborado: autor

## 4.2. Discusión

Las tierras diatomeas son un tipo de roca sedimentaria compuesta mayoritariamente por diatomeas, microorganismos unicelulares con esqueletos de sílice (Baglione, 2011). Estos esqueletos poseen una estructura porosa y dura. La tierra diatomea, también conocida como diatomita, se extrae y se emplea en diversas aplicaciones, destacando su papel en el control de plagas (Maidana *et al.*, 2005).

En el ámbito del control de plagas, la tierra diatomea es reconocida por su acción insecticida única. A pesar de su textura suave para los humanos, a nivel microscópico, sus partículas contienen bordes afilados capaces de perforar la cutícula de los insectos (Sosa y Zalts, 2012). Este contacto resulta en la deshidratación y, eventualmente, en la muerte de los insectos. La acción mecánica de la tierra diatomea la convierte en un insecticida de contacto eficaz (Aínsa, 2020).

Además, la tierra de diatomeas es conocida por su contenido en silicio, un elemento que desempeña un papel importante en el fortalecimiento de las plantas (Chimbolema *et al.*, 2021). El silicio contribuye a fortalecer las paredes celulares de las plantas, aumentando la resistencia de los tejidos y promoviendo la rigidez estructural (Castellanos *et al.*, 2015). Un tallo más fuerte y resistente puede resultar en un mayor diámetro, ya que las células están mejor soportadas y pueden expandirse de manera más eficaz (González *et al.*, 2015). La presencia de tierra de diatomeas también puede estar asociada con la mejora de la disponibilidad de nutrientes en el suelo (Viteri *et al.*, 2019).

En la presente investigación la diferencia significativa en la altura de la planta y diámetro del tallo a lo largo de los diferentes tratamientos indica que la aplicación de tierra de diatomeas tuvo un impacto positivo en el crecimiento de las plantas de maíz. El tratamiento 3, que involucró la aplicación de 5g de tierra de diatomeas por planta, resultó en la altura más alta de las plantas a diferencia del tratamiento 5 donde no se realizó ninguna aplicación. Esto sugiere que la tierra de diatomeas puede tener un efecto benéfico en el desarrollo de las plantas de maíz.

La variación en la altura de la planta y diámetro del tallo a diferentes intervalos de tiempo (25, 35, 45 y 55 días después de la siembra) sugiere que el efecto de la tierra de diatomeas

puede ser observado a lo largo del tiempo. Esto podría indicar una acción prolongada y sostenida de la tierra de diatomeas en comparación con la ausencia de tratamiento. La diferencia significativa entre tratamientos tiene implicaciones prácticas para la agricultura.

La mayor altura de la planta y diámetro del tallo al utilizar 5 gramos de tierra de diatomeas puede atribuirse a diversos factores que influyen en el crecimiento vegetal. Uno de los posibles motivos es la mejora en la estructura del suelo. La tierra de diatomeas, con su composición porosa, puede favorecer una mejor retención de agua y nutrientes en el suelo, proporcionando así condiciones más óptimas para el desarrollo de las raíces y el crecimiento de la planta (Monroy *et al.*, 2011).

Otro posible contribuyente es la interacción microbiológica en el suelo. La tierra de diatomeas podría fomentar la presencia de microorganismos beneficiosos que establecen simbiosis positivas con las raíces de la planta, mejorando la absorción de nutrientes y promoviendo un desarrollo más saludable (Meza, 2017). Es crucial señalar que estos factores pueden variar según el tipo de planta, el suelo específico y las condiciones ambientales (Badilla *et al.*, 2021). El efecto de la tierra de diatomeas podría ser un resultado combinado de estos factores, resaltando la importancia de estudios más detallados y experimentos controlados para comprender completamente el impacto de la tierra de diatomeas en el crecimiento de las plantas (Bilbao *et al.*, 2007). La aplicación de tierra de diatomeas podría considerarse como una estrategia efectiva para mejorar el crecimiento de las plantas de maíz, lo cual podría traducirse en mayores rendimientos.

El silicio presente en la tierra de diatomeas contribuye a aumentar la resistencia de las plantas frente a enfermedades y estreses ambientales. Así, al proporcionar silicio a través de la tierra de diatomeas, se puede estimular la salud y la robustez de la planta, promoviendo su crecimiento (Baglione, 2011). Si la tierra de diatomeas se utiliza como un agente de control de plagas, la reducción en la población de insectos y ácaros puede tener un impacto positivo en el crecimiento de la planta. Menos plagas significan menos estrés para la planta y menos daño a sus tejidos, lo que puede traducirse en un crecimiento más vigoroso (Monroy *et al.*, 2011).

Han sido reportados varios trabajos sobre el potencial que tiene la tierra de diatomeas en el control de plagas. Así, por ejemplo; Méndez y Castellanos (2017), evaluaron el efecto de la tierra de diatomeas (TD) sobre *Arion distinctus* en condiciones de laboratorio y sobre ariónidos y agriolimácidos en campo. Encontraron que las mayores mortalidades se observaron a los siete días posteriores a la aplicación de TD, corroborando que la TD es útil en el control de estas especies. Torres *et al.* (2019), utilizaron tierras de diatomeas como un método alternativo de control contra tres plagas de alimentos predominantes en almacén, *Sitophilus zeamais*, *Rhyzopertha dominica* y *Tribolium castaneum*. Heredia (2022), determinó el efecto de algas de diatomeas en áfidos (*Brevicoryne brassicae*). Badilla *et al.* (2021) observaron una disminución en la progenie de *Sitophilus oryzae* y *Rhyzopertha dominica* en plantas de arroz tratadas con Tierra de diatomeas.

Aunque en el presente estudio no se reveló diferencias entre los tratamientos en relación con la incidencia y severidad de *S. frugiperda*, hay algunos puntos importantes para discutir.

La falta de diferencia en la incidencia y severidad, entre diferentes dosis de tierra de diatomeas podría estar influenciada por diversos elementos. Es posible que la dosis utilizada, ya sea 1, 3 o 5 gramos de tierra de diatomeas, esté por debajo de un umbral de efectividad en el control de plagas específicas. Dependiendo de la resistencia de las plagas a la tierra de diatomeas, podría ser necesario un nivel más alto de aplicación para ver diferencias significativas (Yamberla, 2022). Además, pueden existir factores adicionales no considerados en este estudio que podrían influir en la incidencia y severidad de *S. frugiperda*, como condiciones climáticas, variabilidad en la población de insectos, o interacciones con otros organismos en el ecosistema.

Es relevante destacar que el tratamiento sin aplicación mostró consistentemente el mayor porcentaje de incidencia y severidad de daño de *S. frugiperda* en todos los periodos de evaluación. Esto podría indicar que la ausencia de tratamiento está asociada con un mayor riesgo de infestación de este insecto. El hecho de que el tratamiento sin aplicación tenga una mayor incidencia de *S. frugiperda* destaca la importancia práctica de considerar intervenciones para el control de plagas. Sin embargo, estudios adicionales son necesarios para continuar evaluando el potencial de la tierra de diatomeas en esta especie plaga.

En cuanto a los rendimientos, la aplicación de tierra de diatomeas influyó favorablemente el rendimiento de maíz y tiene un impacto sustancial en la producción. El tratamiento que implicó la aplicación de 5g de tierra de diatomeas por planta, resultó en el rendimiento de maíz más alto por parcela. Esto sugiere que esta dosis específica y enfoque de tratamiento puede ser particularmente efectivo para mejorar las condiciones productivas del cultivo. Aparentemente, la dosis más alta de tierra de diatomeas podría proporcionar una concentración más significativa de nutrientes y minerales presentes en este polvo inerte. Estos nutrientes, incluyendo el beneficioso silicio, podrían estar en una proporción más adecuada para favorecer un crecimiento óptimo de las plantas (Villegas *et al.*, 2007; González *et al.*, 2015).

Además, la tierra de diatomeas, al mejorar la estructura del suelo debido a su naturaleza porosa, podría haber creado condiciones más propicias para el crecimiento de las raíces y la absorción eficiente de nutrientes (Monroy *et al.*, 2011). La dosis más alta podría haber influido de manera más efectiva en la retención de agua, la aireación del suelo y la disponibilidad de nutrientes, creando un entorno más favorable para el desarrollo de las plantas (Meza, 2017) y (Cristaldo *et al.*, 2018).

En este estudio consideramos que la tierra de diatomeas mejora las características agronómicas de altura de planta y diámetro del tallo así como, el rendimiento por parcela en el cultivo de maíz. No fue posible demostrar en condiciones de campo la efectividad de la tierra de diatomeas en el control de *S. frugiperda*, sin embargo, su uso redujo levemente la incidencia y severidad de esta plaga. Estudios adicionales son necesarios para verificar aspectos biológicos y comportamentales del gusano cogollero expuestos a tierra de diatomeas con la finalidad de establecer propuestas agroecológicas en el control de esta plaga.

**CAPÍTULO V**  
**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 5.1. Conclusiones

- El uso de tierra de diatomeas en dosis de 1, 3 y 5 gramos/planta de maíz mejora las características agronómicas de altura de la planta y diámetro del tallo de maíz, a partir de los 25 días después de la siembra.
- Aunque no se encontraron diferencias significativas la tierra de diatomeas redujo ligeramente el porcentaje de incidencia y severidad de *Spodoptera frugiperda* en comparación a los controles positivo y negativo.
- El uso de tierra de diatomeas en dosis de 5 gramos/planta permitió obtener los mejores rendimientos de maíz expresado en kg/parcela ( $\bar{X}$ = 8,30 kg/parcela).

## 5.2. Recomendaciones

- Utilizar 5 gramos/planta de tierra de diatomeas para mejorar las características agronómicas y productivas del cultivo de maíz.
- Realizar análisis económicos sobre el uso de tierra de diatomeas como alternativa en el control de plagas y en la mejora de las características agronómicas y productivas del cultivo de maíz.
- Establecer nuevos estudios en campo y en laboratorio utilizando diferentes dosis y modos de aplicación de tierra de diatomeas para verificar el efecto en el control del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*).

**CAPÍTULO VI**  
**BIBLIOGRAFÍA**

## 6.1. Bibliografía

- Acosta, R. (2009). El cultivo del maíz, su origen y clasificación. El maíz en Cuba. *Cultivos tropicales*, vol.30(2). Obtenido de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=s0258-59362009000200016](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s0258-59362009000200016)
- Arévalo, R. (2011). *Evaluación de prácticas de conservación y sistemas de labranza en el cultivo de maíz duro (Zea mays L.) en la microcuenca del río Alumbre, Cantón Chillanes, Provincia Bolívar-Ecuador*. Guaranda: [Tesis de grados]. Universidad Estatal de Bolívar.
- Badilla, D., Varga, G., Carmona, G., y Mora, J. (2021). *Efecto de las tierras diatomeas en las plagas del arroz efecto de tierra diatomáceas sobre las plagas del arroz*. [Tesis de grados]. Universidad de Costa Rica.
- Baglione, L. (2011). Usos de la tierra diatomea. *Revista Tecnicaña*, 27, 31-32.
- Betancourt, C. E. (2019). Evaluación de la tolerancia del cultivo de maíz (*Zea mays*) al ataque del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) sometido a diferentes frecuencias de control químico durante la época seca en la zona de Mocache. [Tesis de grados]. UTEQ. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/3265/1/T-UTEQ-0101.pdf>
- Bilbao, L., Mañá, O., y Murúa, F. (2007). Evaluación del efecto insecticida de tierra de diatomeas sobre *Triatoma infestans* (Hemiptera, Reduviidae). *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 24(2), 179-181.
- Botto, A. (2017). *Influencia del uso de tierras diatomeas en el cultivo de arroz (Oryza sativa L.) ante el ataque de (Spodoptera frugiperda)*. [Tesis de grados]. Universidad Técnica de Babahoyo.
- Carrillo, C. (2009). Origen del maíz. Natulaleza y culturas en Mesoamérica. *Ciencias*, vol 92(92 - 93). Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/644/64412119003.pdf>
- Chango, L. (2012). *Control de gusano cogollero (Spodoptera frugiperda) en el cultivo de maíz (Zea mays L.)* ((tesis) ed.). [Tesis de grados]. Universidad Técnica de Ambato
- Chávez, A. (2020). Manual técnico del cultivo de maíz amarillo duro. *Instituto Nacional de Innovación Agraria*. Obtenido de <https://pgc-snia.inia.gob.pe:8443/jspui/handle/inia/1057>

- Chura, J., Mendoza, J., y De la Cruz, J. (2019). Dosis y fraccionamiento de nitrógeno en dos densidades de siembra del maíz amarillo duro. *Scientia Agropecuaria*, 10(2).  
Obtenido de <http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S20>
- Clivio, J. (2000). Tierras de diatomeas. *Compañías de suministros*. Obtenido de [https://www.produccion-animal.com.ar/sanidad\\_intoxicaciones\\_metabolicos/sanidad\\_en\\_general/52-Diatomeas.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/sanidad_intoxicaciones_metabolicos/sanidad_en_general/52-Diatomeas.pdf)
- Cristaldo, I., Ruiz, D., y Silva, O. d. (2018). *Repuesta de dosis de tierra de diatomeas en variedades de maíz para control de gorgojos*. [Tesis de grados]. Universidad Nacional de Córdoba.
- De la Cruz, E. (2016). Fraccionamiento de nitrógeno en dos densidades de siembra de maíz amarillo duro (*Zea mays* L.) en la localidad de La Molina. [Tesis de grados]. Universidad La Molina Obtenido de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/1961>
- Delgado, B. (2020). La resistencia inducida como alternativa para el manejo de plagas en las plantas de cultivo. *Revista de Protección Vegetal*. Obtenido de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1010-27522020000100001](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-27522020000100001)
- Deras Flores , H. (2020). Guía técnica del cultivo de maíz. Obtenido de <http://repiica.iica.int/docs/b3469e/b3469e.pdf>
- Estrada, M. (2020). *Efecto de tres programas de nutrición en el cultivo de maíz (Zea mays L.), en tres híbridos Emblema, Advanta y Gladiador, en el Cantón Montalvo, Provincia Los Ríos*. Guayaquil: [Tesis de grados]. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.
- García, J. (Abril de 2019). Análisis de los principales factores en riesgo en la producción y comercialización del maíz del cantón Baba. [Tesis de grados]. *Universidad de Guayaquil*. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/40645>
- Gardiner, G., y al., e. (2011). Diatomaceous earth enhances the efficacy of *Beauveria bassiana* against the common bed bug, *Cimex lectularius*. *Insects*, 2(2), 224–234.
- González, M., y Gómez, V. (2006). *Evaluación de la mortalidad de adultos de Sitophilus zeamais (COLEÓPTERA: CURCULIONIDAE) Ocasionada por diferentes concentraciones de tierra de diatomeas y pimienta negra Piper nigrum en maíz almacenado*. Investigación Agraria.

- Grande, C., y Orozco, B. (Junio de 2013). Producción y procesamiento del maíz en Colombia. *Revista Científica Guillermo de Ockham, Vol. 1*(97- 110). Obtenido de <http://revistas.usbbog.edu.co/index.php/GuillermoOckham/article/view/604/404>
- Heredia, C. (2022). *Evaluación del efecto de algas de diatomeas en cuatro dosis para el control de áfidos (Brevicoryne brassicae) en dos variedades de brócoli ( Brassica oleracea) en el sector de Machachi, Cantón Mejía, Provincia de Pichincha*. [Tesis de grados]. Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC).
- Hernández, P. (2021). Ficha técnica del gusano cogollero. *Dirección general de sanidad vegetal centro nacional de referencia fitosanitaria*. Obtenido de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/635234/Gusano\\_cogollero\\_en\\_ma\\_z\\_y\\_arroz.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/635234/Gusano_cogollero_en_ma_z_y_arroz.pdf)
- Illana, C. (2008). Usos industriales de las algas diatomeas: pequeñas integrantes del fitoplacton. (267), 32-37. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2572921>
- Litardo, L. (2019). *Efecto de la aplicación de insecticida al gusano cogollero (Spodoptera frugiperda) sobre el rendimiento del cultivo de maíz (Zea mays) en la época lluviosa en la zona de Mocache*. [Tesis de grados]. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/3624/1/T-UTEQ-0160.pdf>
- Maidana, N., Izaguirre, I., Vinocur, A., y Mataloni, P. (2005). Diatomeas en una transecta patagónico-antártica. *vol 15*(159-176). Obtenido de <http://www.scielo.org.ar/pdf/ecoaus/v15n2/v15n2a06.pdf>
- Marrero, L., Torrent, J., Velázquez, N., Socorro, V., y Ramírez, M. (2020). *Eficacia de Tierra Diatomea para el control de Sitophilus zeamais Motschulsky en un silo metálico*. *Revista de Protección Vegetal*.
- Mazzuferi, E., Goncalvez, H., Tablada, M., y García, D. (2006). Efectividad y persistencia de la tierra de diatomeas en el control de Sitophilus zeamais (Coleoptera: Curculionidae) en semillas de maíz y su incidencia sobre la calidad. *Boletín de sanidad vegetal. Plagas*, 32(3), 363-372.
- Méndez, C., y Castellanos, L. (2017). Eficacia de la tierra de diatomeas contra Helix aspersa en condiciones “in vitro” en Pamplona Norte de Santander. *Journal of Negative and No Positive Results*, 2(12), 659-666.

- Palacios, J., y Vera, M. (2022). *Evaluación de tres distancias de siembra del cultivo de Jengibre (Zingiber officinale) con aplicaciones foliar y edáfico de tierra de diatomeas*. [Tesis de grados]. Universidad Técnica de Cotopaxi.
- Quijije, M. (2019). *Análisis económico del rendimiento de los híbridos de maíz INIAP H-551 y Trueno NB 7443 mediante sistemas de labranza convencional y mínima y su impacto ambiental en el Cantón Mocache*. Quevedo: [Tesis de grados]. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
- Rivera, P. (2006). Estado de conocimiento de las diatoméas dulceacuícolas de Chile. *Gayana (Concepción)*.
- Roca, K. (2020). *Efecto de tierra de diatomeas en el control de gorgojo del maíz (Sitophilus zeamais) en las zonas de Buena Fe, Quevedo y Mocache*. Quevedo: Ecuador: Tesis de Licenciaturas. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/6032/1/T-UTEQ-0263.pdf>
- Sánchez, J. (28 de Noviembre de 2021). *Usos del maíz*. Obtenido de Available from: <https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/ct-menu-item-25/ct-menu-item-27/17-ciencia-hoy/1020-usos-del-maiz>
- Silva, C., Morillo, E., y Yáñez, P. (2014). Caracterización molecular de las razas de canguil, tusilla y mezclas de maíz del banco de trabajo del programa de maíz INIAP. [Tesis de grados]. Obtenido de Universidad de las Fuerzas Armadas (ESPE), 4-6
- Smith, B., Gardiner, G., y Huegel, H. (2008). Efficacy of diatomaceous earth and methoprene, alone and in combination, against the common bed bug ( Hemiptera: Cimicidae). . *Journal of Economic Entomology*, 101(2), 484–492.
- Torres, A. (2011). *Efectividad de la tierra de diatomeas en el control de tres plagas de almacén* ((tesis) ed.). Universidad Autónoma de Nuevo León . Obtenido de <https://cd.dgb.uanl.mx/bitstream/handle/201504211/4836/19770.pdf?sequence=1>
- Torres, A., Raúl Torres, Valdez, C., Tijerina, M., y José Treviño, M. N. (2019). *Uso de tierras de diatomeas para protección de cereales contra plagas de insectos en almacén*. Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos.
- Torres, I. (2011). Efectividad de la tierra de diatomeas en el control de tres plagas de almacén. Obtenido de <https://cd.dgb.uanl.mx/bitstream/handle/201504211/4836/19770.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Vanderplank, J. (2012). *Disease Resistance in Plants*.
- Vélez, M., Betancourt, C., y Mendoza, J. (2021). Evaluación de diferentes momentos de aplicación de insecticida Metomil 90% para el control del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en el cultivo de maíz. *Ciencias Agrarias / Agricultural Sciences*, 14(2), 33-40. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/3265/1/T-UTEQ-0101.pdf>
- Velez, M., Roca, K., Davila, K., Coutinho, R., y Carvalho, R. (2023). Efecto de tierra de diatomeas en el control de gorgojo del maíz (*Sitophilus zeamais*) en las zonas de Buena Fe, Quevedo y Mocache. *Journal of Stored Products Research* .
- Whitten, W., Gailey, D., y Davis, E. (1992). *Química General*. México : McGRAW-Hill Interamericana de México, S. A. d.
- Yamberla, R. (2022). *Evaluación de diatomitas para el control de plagas en el cultivo de rosas (Rosa SP.) Var. Freedom, Bolívar, Carchi*. Universidad Técnica del Norte.
- Yáñez, C. (2007). Manual de producción de maíz para pequeños agricultores y agricultoras . *Repositorio digital de Iniap*. Obtenido de <http://repositorio.iniap.gob.ec/jspui/handle/41000/394>
- Yaranga, W. (2014). Evaluación de tres extractos vegetales para el control natural del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* je. smith) en el cultivo de maíz amiláceo (*Zea maíz 1.*) en condiciones de Acobamba-Huancavelica. [Tesis de grados]. *Universidad Nacional de Huancavelica*. Obtenido de <https://apirepositorio.unh.edu.pe/server/api/core/bitstreams/d0a01ffe-c565-4b65-b4ec-e426ba2f0be7/content>
- Yzarra, W., Trebejo, I., y Noriega, V. (2029). Evaluación de unidades térmicas para el crecimiento y desarrollo del cultivo de maíz amarillo duro (*Zea mays*, L.) en la costa central del Perú. Obtenido de <https://repositorio.senamhi.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12542/1079/Evaluaci%C3%B3n-de-unidades-t%C3%A9rmicas-para-el-crecimiento-y-desarrollo-del-cultivo-de-ma%C3%ADz-amarillo-duro.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

**CAPÍTULO VII**  
**ANEXOS**

## 7.1. Anexos

### Anexo A. Primera aplicación de la tierra de diatomeas.



### Anexo B. Control manual de malezas en el cultivo de maíz.



**Anexo C.** Medición de altura de la planta de maíz.



**Anexo D.** Medición del diámetro del tallo de la planta de maíz.



**Anexo E.** Estado del cultivo a los 42 días posteriores a la siembra.



**Anexo F.** Estado del cultivo a los 70 días posteriores a la siembra.




**Anexo G.** Estado del cultivo a los 90 días posteriores a la siembra.



**Anexo H.** Cosecha del cultivo de maíz en parcelas experimentales.



**Anexo I. Análisis de suelo de la localidad en la que se realizó el ensayo.**



**ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE"**  
**LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS**  
 Km. 5 Carretera Quevedo - El Empalme, Apartado 24  
 Quevedo - Ecuador Teléf: 052 783044 suelos.eetp@iniap.gov.ec


**REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS**

<b>DATOS DEL PROPIETARIO</b>		<b>DATOS DE LA PROPIEDAD</b>		<b>PARA USO DEL LABORATORIO</b>	
Nombre : MONTES CABRERA FAIRA ANDREA	Dirección : LOS RÍOS / QUEVEDO	Nombre : UTEQ	Provincia : Los Ríos	Cultivo Actual : Maíz	N° Reporte : 10586
Ciudad : QUEVEDO	Teléfono : 0968140757	Cantón : Mocache	Parroquia : La María	Fecha de Muestreo : 25/1/2023	Fecha de Ingreso : 1/2/2023
Fax : fairamontes10@gmail.com		Ubicación : La María		Fecha de Salida : 16/2/2023	


  

N° Muest. Laborat.	Datos del Lote		pH	ppm				meq/100ml				ppm			
	Identificación	Area		NH4+	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B	
109228	Lote Demostrativo		5,6 MeAc	29 M	54 A	0,61 A	6 M	1,9 M	15 M	5,9 M	11,6 A	189 A	15,0 M	0,28 B	


La muestra será guardada en el Laboratorio por tres meses. Tiempo en el que se aceptarán reclamos en los resultados




INTERPRETACION				METODOLOGIA USADA		EXTRACTANTES	
MAc = Muy Acido	LAc = Liger. Acido	LS = Lige. Alcalino	RC = Requiere Cal	pH	= Suelo: agua (1:2,5)	Otro: Modificado	
Ac = Acido	PN = Pac. Neutro	Mv = Media Alcalino	B = Bajo	N,P,B	= Colorimetría	N,P,K,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn,Zn	
MeAc = Media. Acido	N = Neutro	Al = Alcalino	M = Medio	S	= Turbidimetría	Fosfato de Calcio Monobásico	
			A = Alto	K,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn,Zn	= Absorción atómica	BS	



**RESPONSABLE DEPTO. SUELOS Y AGUAS**



**RESPONSABLE LABORATORIO**



**ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE"**  
**LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS**  
 Km. 5 Carretera Quevedo - El Empalme, Apartado 24  
 Quevedo - Ecuador Teléf: 052 783044 suelos.eetp@iniap.gov.ec


**REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS**

<b>DATOS DEL PROPIETARIO</b>		<b>DATOS DE LA PROPIEDAD</b>		<b>PARA USO DEL LABORATORIO</b>	
Nombre : MONTES CABRERA FAIRA ANDREA	Dirección : LOS RÍOS / QUEVEDO	Nombre : UTEQ	Provincia : Los Ríos	Cultivo Actual : Maíz	N° de Reporte : 10586
Ciudad : QUEVEDO	Teléfono : 0968140757	Cantón : Mocache	Parroquia : La María	Fecha de Muestreo : 25/1/2023	Fecha de Ingreso : 1/2/2023
Fax : fairamontes10@gmail.com		Ubicación : La María		Fecha de Salida : 16/2/2023	


  

N° Muest. Laborat.	meq/100ml			dS/m	(%)	Ca	Mg	Ca+Mg	meq/100ml	(meq/l)%	ppm	Textura (%)			Clase Textural
	Al+H	Al	Na	C.E.	M.O.	Mg	K	K	Σ Bases	RAS	Cl	Arena	Limo	Arcilla	
109228				3,8 M		3,1	3,11	12,95	8,51						


La muestra será guardada en el Laboratorio por tres meses. Tiempo en el que se aceptarán reclamos en los resultados



INTERPRETACION				ABREVIATURAS		METODOLOGIA USADA	
Al+H y Na	C.E.	M.O. y Cl	B = Bajo	C.E. = Conductividad Eléctrica	C.E. = Conductímetro		
NS = No Salino	S = Salino	B = Bajo	M = Medio	M.O. = Materia Orgánica	M.O. = Titulación de Winkley Blac		
ES = Lig. Salino	MS = Muy Salino	A = Alto	T = Tóxico	RAS = Retención de Adhesión de Sodio	M+H = Titulación con NaOH		



**RESPONSABLE DEPTO. SUELOS Y AGUA**



**RESPONSABLE LABORATORIO**

**Anexo J.** ADEVA de altura a los 15 días.

**Análisis de la varianza**

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj</u>	<u>CV</u>
Altura	400	0,01	0,00	8,76

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	5,28	7	0,75	0,64	0,7267
Tratamiento	0,86	4	0,21	0,18	0,9485
Bloque	4,45	3	1,48	1,25	0,2912
Error	465,16	392	1,19		
Total	470,44	399			

**Anexo K.** ADEVA de altura a los 25 días.

**Análisis de la varianza**

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj</u>	<u>CV</u>
Altura	400	0,09	0,08	6,91

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	205,45	7	29,35	5,68	<0,0001
Tratamiento	168,30	4	42,07	8,15	<0,0001
Bloque	36,95	3	12,32	2,39	0,0688
Error	2023,99	392	5,16		
Total	2229,44	399			

**Anexo L.** ADEVA de altura a los 35 días.

**Análisis de la varianza**

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj</u>	<u>CV</u>
Altura	400	0,13	0,12	7,72

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	2536,30	7	362,33	8,45	<0,0001
Tratamiento	1716,13	4	429,03	10,00	<0,0001
Bloque	820,17	3	273,39	6,37	0,0003
Error	16811,46	392	42,89		
Total	19347,75	399			

**Anexo M. ADEVA de altura a los 45 días.**

**Análisis de la varianza**

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj</u>	<u>CV</u>
Altura	400	0,05	0,03	7,33

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	1843,69	7	263,38	3,02	0,0042
Tratamiento	917,63	4	229,41	2,63	0,0342
Bloque	922,83	3	307,61	3,52	0,0151
Error	34222,00	392	87,30		
Total	36065,70	399			

**Anexo N. ADEVA de altura a los 55 días.**

**Análisis de la varianza**

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj</u>	<u>CV</u>
Altura	400	0,11	0,09	5,74

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	3898,95	7	556,99	6,89	<0,0001
Tratamiento	867,19	4	216,80	2,68	0,0313
Bloque	3032,36	3	1010,79	12,51	<0,0001
Error	31680,29	392	80,82		
Total	35579,24	399			

**Anexo O. ADEVA de diámetros a los 15 días.**

**Análisis de la varianza**

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj</u>	<u>CV</u>
Diámetro	400	0,01	0,00	24,96

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	0,02	7	3,0E-03	0,55	0,7994
Tratamiento	0,01	4	1,5E-03	0,27	0,8988
Bloque	0,02	3	0,01	0,94	0,4202
Error	2,14	392	0,01		
Total	2,16	399			

**Anexo P.** ADEVA de diámetros a los 25 días.

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Diametro	400	0,11	0,09	14,81

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,40	7	0,06	6,62	<0,0001
Bloque	0,21	3	0,07	7,89	<0,0001
Tratamiento	0,20	4	0,05	5,66	0,0002
Error	3,40	392	0,01		
Total	3,80	399			

**Anexo Q.** ADEVA de diámetros a los 35 días.

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Diametro	400	0,31	0,30	12,56

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	6,93	7	0,99	25,70	<0,0001
Bloque	5,05	3	1,68	43,75	<0,0001
Tratamiento	1,87	4	0,47	12,17	<0,0001
Error	15,09	392	0,04		
Total	22,02	399			

**Anexo R.** ADEVA de diámetros a los 45 días.

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Diametro	400	0,05	0,04	10,24

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,76	7	0,11	3,25	0,0023
Bloque	0,13	3	0,04	1,26	0,2873
Tratamiento	0,64	4	0,16	4,74	0,0010
Error	13,13	392	0,03		
Total	13,89	399			

**Anexo S.** ADEVA de diámetros a los 55 días.

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Diametro	400	0,05	0,03	9,25

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

E.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,64	7	0,09	2,69	0,0099
Bloque	0,12	3	0,04	1,18	0,3174
Tratamiento	0,52	4	0,13	3,82	0,0046
Error	13,28	392	0,03		
Total	13,92	399			

**Anexo T.** Prueba de kruskal wallis incidencias a los 15 días.

**Prueba de Kruskal Wallis**

Variable	Bloque	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
Porc	1	1	1	5,00	0,00	5,00	17,59	0,4568
Porc	1	2	1	10,00	0,00	10,00		
Porc	1	3	1	5,00	0,00	5,00		
Porc	1	4	1	15,00	0,00	15,00		
Porc	1	5	1	25,00	0,00	25,00		
Porc	2	1	1	0,00	0,00	0,00		
Porc	2	2	1	0,00	0,00	0,00		
Porc	2	3	1	0,00	0,00	0,00		
Porc	2	4	1	5,00	0,00	5,00		
Porc	2	5	1	10,00	0,00	10,00		
Porc	3	1	1	5,00	0,00	5,00		
Porc	3	2	1	10,00	0,00	10,00		
Porc	3	3	1	0,00	0,00	0,00		
Porc	3	4	1	0,00	0,00	0,00		
Porc	3	5	1	25,00	0,00	25,00		
Porc	4	1	1	5,00	0,00	5,00		
Porc	4	2	1	5,00	0,00	5,00		
Porc	4	3	1	0,00	0,00	0,00		
Porc	4	4	1	0,00	0,00	0,00		
Porc	4	5	1	25,00	0,00	25,00		

**Anexo U.** Prueba de kruskal wallis incidencias a los 25 días.

**Prueba de Kruskal Wallis**

Variable	Bloque	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
Porc	1	1	1	15,00	0,00	15,00	18,11	0,4568
Porc	1	2	1	30,00	0,00	30,00		
Porc	1	3	1	25,00	0,00	25,00		
Porc	1	4	1	15,00	0,00	15,00		
Porc	1	5	1	35,00	0,00	35,00		
Porc	2	1	1	30,00	0,00	30,00		
Porc	2	2	1	30,00	0,00	30,00		
Porc	2	3	1	25,00	0,00	25,00		
Porc	2	4	1	25,00	0,00	25,00		
Porc	2	5	1	35,00	0,00	35,00		
Porc	3	1	1	30,00	0,00	30,00		
Porc	3	2	1	45,00	0,00	45,00		
Porc	3	3	1	35,00	0,00	35,00		
Porc	3	4	1	20,00	0,00	20,00		
Porc	3	5	1	45,00	0,00	45,00		
Porc	4	1	1	30,00	0,00	30,00		
Porc	4	2	1	25,00	0,00	25,00		
Porc	4	3	1	30,00	0,00	30,00		
Porc	4	4	1	20,00	0,00	20,00		
Porc	4	5	1	25,00	0,00	25,00		

## Anexo V. Prueba de kruskal wallis incidencias a los 35 días.

### Prueba de Kruskal Wallis

Variable	Bloque	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
Porc	1	1	1	30,00	0,00	30,00	18,43	0,4568
Porc	1	2	1	30,00	0,00	30,00		
Porc	1	3	1	30,00	0,00	30,00		
Porc	1	4	1	15,00	0,00	15,00		
Porc	1	5	1	40,00	0,00	40,00		
Porc	2	1	1	25,00	0,00	25,00		
Porc	2	2	1	20,00	0,00	20,00		
Porc	2	3	1	20,00	0,00	20,00		
Porc	2	4	1	15,00	0,00	15,00		
Porc	2	5	1	35,00	0,00	35,00		
Porc	3	1	1	25,00	0,00	25,00		
Porc	3	2	1	35,00	0,00	35,00		
Porc	3	3	1	15,00	0,00	15,00		
Porc	3	4	1	20,00	0,00	20,00		
Porc	3	5	1	45,00	0,00	45,00		
Porc	4	1	1	20,00	0,00	20,00		
Porc	4	2	1	15,00	0,00	15,00		
Porc	4	3	1	15,00	0,00	15,00		
Porc	4	4	1	25,00	0,00	25,00		
Porc	4	5	1	40,00	0,00	40,00		

## Anexo W. Prueba de kruskal wallis incidencias a los 45 días.

### Prueba de Kruskal Wallis

Variable	Bloque	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
Porc	1	1	1	30,00	0,00	30,00	18,49	0,4568
Porc	1	2	1	20,00	0,00	20,00		
Porc	1	3	1	15,00	0,00	15,00		
Porc	1	4	1	5,00	0,00	5,00		
Porc	1	5	1	40,00	0,00	40,00		
Porc	2	1	1	25,00	0,00	25,00		
Porc	2	2	1	20,00	0,00	20,00		
Porc	2	3	1	15,00	0,00	15,00		
Porc	2	4	1	15,00	0,00	15,00		
Porc	2	5	1	40,00	0,00	40,00		
Porc	3	1	1	5,00	0,00	5,00		
Porc	3	2	1	35,00	0,00	35,00		
Porc	3	3	1	10,00	0,00	10,00		
Porc	3	4	1	15,00	0,00	15,00		
Porc	3	5	1	50,00	0,00	50,00		
Porc	4	1	1	20,00	0,00	20,00		
Porc	4	2	1	20,00	0,00	20,00		
Porc	4	3	1	15,00	0,00	15,00		
Porc	4	4	1	25,00	0,00	25,00		
Porc	4	5	1	40,00	0,00	40,00		

## Anexo X. Prueba de kruskal wallis incidencias a los 55 días.

### Prueba de Kruskal Wallis

Variable	Bloque	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
Porc	1	1	1	25,00	0,00	25,00	18,51	0,4568
Porc	1	2	1	15,00	0,00	15,00		
Porc	1	3	1	5,00	0,00	5,00		
Porc	1	4	1	5,00	0,00	5,00		
Porc	1	5	1	40,00	0,00	40,00		
Porc	2	1	1	20,00	0,00	20,00		
Porc	2	2	1	15,00	0,00	15,00		
Porc	2	3	1	10,00	0,00	10,00		
Porc	2	4	1	10,00	0,00	10,00		
Porc	2	5	1	40,00	0,00	40,00		
Porc	3	1	1	25,00	0,00	25,00		
Porc	3	2	1	35,00	0,00	35,00		
Porc	3	3	1	15,00	0,00	15,00		
Porc	3	4	1	10,00	0,00	10,00		
Porc	3	5	1	50,00	0,00	50,00		
Porc	4	1	1	15,00	0,00	15,00		
Porc	4	2	1	15,00	0,00	15,00		
Porc	4	3	1	10,00	0,00	10,00		
Porc	4	4	1	20,00	0,00	20,00		
Porc	4	5	1	45,00	0,00	45,00		

## Anexo Y. Prueba de kruskal wallis Severidad a los 15 días.

### Prueba de Kruskal Wallis

Variable	Bloque	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
Severidad	1	1	1	0,56	0,00	0,56	17,50	0,4568
Severidad	1	2	1	1,67	0,00	1,67		
Severidad	1	3	1	0,56	0,00	0,56		
Severidad	1	4	1	2,78	0,00	2,78		
Severidad	1	5	1	2,78	0,00	2,78		
Severidad	2	1	1	0,00	0,00	0,00		
Severidad	2	2	1	0,00	0,00	0,00		
Severidad	2	3	1	0,00	0,00	0,00		
Severidad	2	4	1	0,56	0,00	0,56		
Severidad	2	5	1	1,67	0,00	1,67		
Severidad	3	1	1	0,56	0,00	0,56		
Severidad	3	2	1	1,67	0,00	1,67		
Severidad	3	3	1	0,00	0,00	0,00		
Severidad	3	4	1	0,00	0,00	0,00		
Severidad	3	5	1	2,78	0,00	2,78		
Severidad	4	1	1	0,56	0,00	0,56		
Severidad	4	2	1	0,56	0,00	0,56		
Severidad	4	3	1	0,00	0,00	0,00		
Severidad	4	4	1	0,00	0,00	0,00		
Severidad	4	5	1	2,78	0,00	2,78		

## Anexo Z. Prueba de kruskal wallis Severidad a los 25 días.

### Prueba de Kruskal Wallis

Variable	Bloque	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
Severidad 1	1	1	1	3,33	0,00	3,33	18,63	0,4568
Severidad 1	2	1	1	7,78	0,00	7,78		
Severidad 1	3	1	1	6,11	0,00	6,11		
Severidad 1	4	1	1	3,33	0,00	3,33		
Severidad 1	5	1	1	8,33	0,00	8,33		
Severidad 2	1	1	1	7,78	0,00	7,78		
Severidad 2	2	1	1	8,33	0,00	8,33		
Severidad 2	3	1	1	5,56	0,00	5,56		
Severidad 2	4	1	1	6,11	0,00	6,11		
Severidad 2	5	1	1	7,78	0,00	7,78		
Severidad 3	1	1	1	7,22	0,00	7,22		
Severidad 3	2	1	1	7,78	0,00	7,78		
Severidad 3	3	1	1	9,44	0,00	9,44		
Severidad 3	4	1	1	5,00	0,00	5,00		
Severidad 3	5	1	1	11,11	0,00	11,11		
Severidad 4	1	1	1	7,78	0,00	7,78		
Severidad 4	2	1	1	6,67	0,00	6,67		
Severidad 4	3	1	1	7,22	0,00	7,22		
Severidad 4	4	1	1	5,00	0,00	5,00		
Severidad 4	5	1	1	6,67	0,00	6,67		

## Anexo AA. Prueba de kruskal wallis Severidad a los 35 días.

### Prueba de Kruskal Wallis

Variable	Bloque	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
Severidad 1	1	1	1	8,33	0,00	8,33	18,76	0,4568
Severidad 1	2	1	1	11,67	0,00	11,67		
Severidad 1	3	1	1	11,67	0,00	11,67		
Severidad 1	4	1	1	3,89	0,00	3,89		
Severidad 1	5	1	1	12,22	0,00	12,22		
Severidad 2	1	1	1	8,33	0,00	8,33		
Severidad 2	2	1	1	7,22	0,00	7,22		
Severidad 2	3	1	1	7,22	0,00	7,22		
Severidad 2	4	1	1	3,89	0,00	3,89		
Severidad 2	5	1	1	11,11	0,00	11,11		
Severidad 3	1	1	1	8,89	0,00	8,89		
Severidad 3	2	1	1	15,56	0,00	15,56		
Severidad 3	3	1	1	3,89	0,00	3,89		
Severidad 3	4	1	1	5,00	0,00	5,00		
Severidad 3	5	1	1	12,22	0,00	12,22		
Severidad 4	1	1	1	6,67	0,00	6,67		
Severidad 4	2	1	1	6,11	0,00	6,11		
Severidad 4	3	1	1	3,89	0,00	3,89		
Severidad 4	4	1	1	7,22	0,00	7,22		
Severidad 4	5	1	1	13,89	0,00	13,89		

**Anexo BB.** Prueba de kruskal wallis Severidad a los 45 días.

**Prueba de Kruskal Wallis**

Variable	Bloque	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
Severidad 1	1	1	1	8,89	0,00	8,89	18,77	0,4568
Severidad 1	2	1	1	5,56	0,00	5,56		
Severidad 1	3	1	1	4,44	0,00	4,44		
Severidad 1	4	1	1	1,11	0,00	1,11		
Severidad 1	5	1	1	16,67	0,00	16,67		
Severidad 2	1	1	1	7,22	0,00	7,22		
Severidad 2	2	1	1	7,22	0,00	7,22		
Severidad 2	3	1	1	3,89	0,00	3,89		
Severidad 2	4	1	1	3,89	0,00	3,89		
Severidad 2	5	1	1	16,11	0,00	16,11		
Severidad 3	1	1	1	8,89	0,00	8,89		
Severidad 3	2	1	1	14,44	0,00	14,44		
Severidad 3	3	1	1	2,78	0,00	2,78		
Severidad 3	4	1	1	3,89	0,00	3,89		
Severidad 3	5	1	1	19,44	0,00	19,44		
Severidad 4	1	1	1	9,44	0,00	9,44		
Severidad 4	2	1	1	6,11	0,00	6,11		
Severidad 4	3	1	1	3,89	0,00	3,89		
Severidad 4	4	1	1	7,22	0,00	7,22		
Severidad 4	5	1	1	16,67	0,00	16,67		

**Anexo CC.** Prueba de kruskal wallis Severidad a los 55 días.

**Prueba de Kruskal Wallis**

Variable	Bloque	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
Severidad 1	1	1	1	6,67	0,00	6,67	18,91	0,4568
Severidad 1	2	1	1	3,33	0,00	3,33		
Severidad 1	3	1	1	1,67	0,00	1,67		
Severidad 1	4	1	1	1,11	0,00	1,11		
Severidad 1	5	1	1	15,56	0,00	15,56		
Severidad 2	1	1	1	5,56	0,00	5,56		
Severidad 2	2	1	1	5,56	0,00	5,56		
Severidad 2	3	1	1	2,22	0,00	2,22		
Severidad 2	4	1	1	2,78	0,00	2,78		
Severidad 2	5	1	1	15,00	0,00	15,00		
Severidad 3	1	1	1	7,22	0,00	7,22		
Severidad 3	2	1	1	12,22	0,00	12,22		
Severidad 3	3	1	1	2,22	0,00	2,22		
Severidad 3	4	1	1	1,67	0,00	1,67		
Severidad 3	5	1	1	22,22	0,00	22,22		
Severidad 4	1	1	1	4,44	0,00	4,44		
Severidad 4	2	1	1	3,89	0,00	3,89		
Severidad 4	3	1	1	2,22	0,00	2,22		
Severidad 4	4	1	1	5,00	0,00	5,00		
Severidad 4	5	1	1	19,44	0,00	19,44		

**Anexo DD.** ADEVA de rendimientos.

**Análisis de la varianza**

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj</u>	<u>CV</u>
Rend	20	0,68	0,49	7,07

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

<u>E.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	2317841,38	7	331120,20	3,60	0,0253
Bloque	118026,48	3	39342,16	0,43	0,7372
Trat	2199814,90	4	549953,72	5,97	0,0070
Error	1105259,33	12	92104,94		
Total	3423100,71	19			