



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**  
**CARRERA DE AGRONOMÍA**



**Trabajo de Integración Curricular**

**Modalidad:**

Proyecto de Investigación

Presentado como requisito para la obtención del título de

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**Tema:**

Efecto de la tierra diatomea en la incidencia de *Spodoptera frugiperda*

Smith. en el cultivo de maíz *Zea mays* L.

**Autor (es):**

Córdova Moreira Mariela Lizeth

Vera García Madelen Lisbeth

**Tutor (a) propuesto:**

Ing. Jessenia Castro Olaya, PhD.

**Cotutor (a) propuesto:**

Ing. Edison Cuenca Cuenca, PhD.

**Santa Ana - Manabí, Ecuador**

Febrero, 2022

# Índice

Resumen .....	5
Introducción.....	6
1. Objetivos.....	8
1.1 Objetivo general .....	8
1.2 Objetivos específicos .....	8
2. Marco teórico.....	9
2.1. Origen.....	9
2.2 Descripción Botánica .....	9
2.2.1 Raíz.....	9
2.2.2 Tallo.....	10
2.2.3 Hojas.....	10
2.2.4 Inflorescencia. ....	10
2.2.5 Grano .....	10
2.3 Exigencias agroclimáticas.....	10
2.4.1 Factores climáticos .....	11
2.4.2 Factores sociales .....	11
2.4.3 Factores económicos .....	11
2.5 Plagas .....	12
2.5.1 Daños de <i>Spodoptera frugiperda</i> .....	12
2.5.2 Ciclo biológico .....	13
2.6. Tierra diatomea .....	15
2.6.1 La diatomea para el control de otras plagas .....	15
3. Metodología .....	20
3.1. Ubicación .....	20
3.2 Material vegetal.....	20

3.3 Insumos utilizados.....	21
3.4 Tratamientos en estudios.....	21
3.5 Diseño del experimento y Análisis estadísticos.....	22
3.6 Delineamiento experimental.....	22
3.7 Manejo del experimento.....	22
3.7.1 Preparación del terreno.....	22
3.7.2 Control de malezas.....	22
3.7.3 Siembra.....	23
3.7.4 Riego.....	23
3.7.5 Control de Gusano Cogollero.....	23
3.7.6 Fertilización.....	23
3.8 Variables evaluadas.....	24
3.8.1 Daño en hoja.....	24
3.8.2 Daño en cogollo.....	24
3.8.3 Incidencias de larvas.....	24
3.8.4 Costo de Producción.....	24
4. Resultados y discusión.....	25
4.1 Daño en hoja y cogollo.....	25
4.2 Incidencia de larvas de <i>Spodoptera frugiperda</i> .....	26
4.3 Análisis económico.....	28
5. Conclusiones y recomendaciones.....	29
5.1 Conclusiones.....	29
5.2 Recomendaciones.....	29
6. Referencias.....	30
7. Anexos.....	36

## Índice de Figuras

<b>Figura 1</b> Ciclo biológico del gusano cogollero del maíz, en américa latina (FAO, s.f). 14	14
<b>Figura 2</b> Estadios larvales del gusano cogollero (Pioneer, 2014)..... 14	14
<b>Figura 3</b> Facultad de Ingeniería agronómica, Lodana – Manabí – Ecuador. .... 20	20
<b>Figura 4</b> Preparación del terreno y control de malezas..... 36	36
<b>Figura 5</b> Preparación de la semilla y siembra. .... 37	37
<b>Figura 6</b> Observaciones de masa de huevos y mariposa de <i>S. frugiperda</i> . .... 37	37
<b>Figura 7</b> Observaciones de larvas y daños en el cultivo. .... 37	37
<b>Figura 8</b> Aplicación de tierra Diatomea y solaris. .... 37	37
<b>Figura 9</b> Observación de otros insectos tanto benéficos como plagas..... 37	37
<b>Figura 10</b> Etapas finales del cultivo..... 37	37

## Índice de tablas

<b>Tabla 1</b> Ficha ADVANTA9735, 2019..... 21	21
<b>Tabla 2</b> <i>Descripción de los tratamientos en estudios</i> ..... 22	22
<b>Tabla 3</b> Descripción del grado de daño..... 24	24
<b>Tabla 4</b> Daño de hoja por <i>Spodoptera frugiperda</i> en maíz bajo diferentes tratamientos. Santa Ana 2021. .... 26	26
<b>Tabla 5</b> Daño de cogollo por <i>Spodoptera frugiperda</i> en maíz bajo diferentes tratamientos. ..... 26	26
<b>Tabla 6</b> Incidencia de larvas de <i>Spodoptera frugiperda</i> en dos evaluaciones realizada (de antes y después de la aplicación) ..... 27	27
<b>Tabla 7</b> Análisis económico con el uso de tierra diatomea en el cultivo de maíz..... 28	28

## Resumen

Esta investigación se llevó a cabo en los predios de los terrenos de la Facultad de Ingeniería Agronómica de la Universidad Técnica de Manabí ubicada en el km 14 de la vía Portoviejo – Santa Ana, Provincia de Manabí - Ecuador ubicada geográficamente a 01°09' de latitud sur y 80°21' de longitud oeste con una altura de 60 msnm. El objetivo del presente trabajo de investigación fue establecer el efecto de la tierra diatomea en la incidencia de *Spodoptera frugiperda* Smith. en el cultivo de maíz *Z. mays*. Los tratamientos evaluados fueron la tierra Diatomea a dosis de 250 g y 500 g, *Spinetoram* a 30 ml por parcela (100cc/ha) y el testigo. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar, se realizó un análisis de varianza no paramétrica, además de una prueba de t pareada, usando el programa estadístico Insfostat versión 2020. Donde la Tierra Diatomea (dióxido de silicio) si tuvo efectos en el control de gusano cogollero en el cultivo de maíz, el cual fue similar al insecticida químico *Spinetoram*, en relación a las variables evaluadas del daño de hoja, cogollo y control en la incidencia de larvas. Y el costo en el control de *S. frugiperda* en el cultivo de maíz, fue mayor con el tratamiento *Spinetoram* con respecto a la Tierra Diatomea, en el periodo seco. Por lo que se recomienda realizar estudios de mortalidad de larvas de *Spodoptera frugiperda*, con TD en condiciones de campo en épocas lluviosas, laboratorio y su efecto en la población de insectos benéficos, asociados al cultivo de maíz. Pero se rescata la importancia ecológica del tratamiento Tierra Diatomea para el medio ambiente y la salud humana, ya que es un producto orgánico.

**Palabras claves:** Tierra Diatomea, *Z. mays*, incidencia de *Spodoptera frugiperda* Smith, mortalidad de larvas.

## Introducción

El maíz (*Zea mays* L.) es el tercer cereal más importante del mundo, dentro de la alimentación. Según Ranum et al. 2014, Estados Unidos, China y Brasil son los tres principales países productores de maíz. El área cosechada en Estados Unidos es de 347.047,570 ha y la producción es de 347.047,570 toneladas, en China el área cosechada es de 41.309,740 ha y la producción es de 260.957,662 toneladas y en Brasil el área cosechada es de 17.518,054 ha y la producción es de 101.138,617 toneladas (FAOSTAT, 2020).

En Ecuador el cultivo de maíz es una de las gramíneas de mayor importancia debido a la superficie destinada para su cultivo y al rol importante que cumple como componente primordial en la canasta familiar de la población (Yáñez et al. 2013). El área cosechada de maíz es de 341,301 ha y la producción es de 1.304,884 toneladas (FAOSTAT, 2020), la siembra en ciertas zonas se realiza hasta dos ciclos en el año, en Los Ríos la superficie sembrada fue de 40,31%, en Manabí 28,64% y en Guayas la superficie sembrada de maíz duro seco es de 16,10% (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), 2020).

El cultivo de maíz presenta diversos problemas fitosanitarios para su producción, dentro de las principales se encuentran las malezas, enfermedades e insectos, los cuales afectan su crecimiento, desarrollo, el rendimiento y la calidad de grano (Reséndiz et al. 2016). Entre los principales insectos plagas se mencionan a *Agrotis ipsilon* Hufnagel, *Spodoptera frugiperda* Smith, *Diatraea saccharalis* Fabricius, *Elasmopalpus lignosellus* Zeller, *Heliothis zea* Boddie y el áfido *Rhopalosiphum maidis* Fitch (Zerbino y Fassio, 1995). A pesar del incremento substancial en el uso de plaguicidas en la agricultura (Nava et al.2012). Las pérdidas de producción de maíz en el mundo, atribuidas a plagas y enfermedades, representan alrededor de 31 % en la agricultura y la principal plaga es el gusano cogollero (Valdez et al. 2012).

El gusano cogollero, es un insecto que ha evolucionado a través de los años junto con el maíz y tiene presencia en la mayor parte del continente americano (Bahena, 2020). Asimismo, Castro et al. (2019) a través de un estudio confirman a nivel molecular la presencia de *S. frugiperda*, especie comúnmente asociada con la destrucción de cogollos en cultivos de maíz en la serranía ecuatoriana.

Cuando afecta las plantas jóvenes, los daños pueden ser totales, mientras que, si afecta las plantas en estados fenológicos avanzados, pueden reponerse de la defoliación y llegar hasta su etapa fenológica final (Casmuz et al., 2010). Para su control existen varios métodos desde una forma natural como insectos benéficos, productos orgánicos como bioplaguicidas (a base de bacterias, hongos, virus), extractos vegetales de plantas. Como, por ejemplo; el Silicio y tierra de diatomeas (Bahena, 2020). Las diatomeas son filosas y dañinas para los insectos, la parte filosa de la partícula, es inofensiva para los humanos y otros animales de sangre caliente (Paneque, 2019).

Para evitar el uso o sustituir plaguicidas altamente peligrosos para el medio ambiente y la salud humana, actualmente se pueden utilizar productos ecológicos amigables con la naturaleza, como la tierra diatomea por lo que, se investigará y se formula la siguiente pregunta. ¿La tierra de diatomeas tiene efecto de control en el *S. frugiperda* en el cultivo de maíz?

## **1. Objetivos**

### **1.1 Objetivo general**

Evaluar el efecto de la tierra diatomea en la incidencia de *S. frugiperda* Smith. en el cultivo de maíz.

### **1.2 Objetivos específicos**

- Establecer el efecto de la tierra diatomea en el control del gusano cogollero en el cultivo de maíz.
- Determinar el costo de producción con el uso de tierra diatomea en el cultivo de maíz.



## **2. Marco teórico**

### **2.1. Origen.**

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 (Wilkes & Gooman, 1995). En Ecuador se dice que el cultivo de maíz se desarrolló hace 6500 años, pues investigaciones realizadas a partir de fitolitos, revelan que en la Península de Santa Elena, los antiguos habitantes de la cultura “Las Vegas” empezaron a cultivar esta gramínea desarrollando de esta manera el inicio de una incipiente horticultura (Guacho, 2014).

El maíz es un cultivo muy importante en el Ecuador debido a su importante papel en la seguridad alimentaria de las personas. El maíz duro, que representa el 80% de la producción de forraje, se produce principalmente en las zonas costeras y es el primer gran cultivo de conversión de las zonas cultivadas (300.000 hectáreas). La mejora de la cepa se complementa con la investigación y desarrollo de biofertilizantes que mejoran el uso de fertilizantes químicos, basados en técnicas tradicionales y mediante el uso de isótopos. (Zambrano et al., 2019).

De acuerdo con el Informe del Banco Central N° 91, la superficie de cultivo de maíz de invierno aumentó por sexta vez consecutiva, en un 9%, pese al impacto de las condiciones climáticas desfavorables, debido a la escasez de agua por la fuerte sequía. Debido a que los volúmenes de producción se redujeron en un -5%, tasa que contrasta con el crecimiento del 4% durante la cosecha del invierno pasado (El Productor, 2019). El área cosechada de maíz es de 322,846 ha y la producción es de 1.479,770 toneladas (FAOSTAT, 2020), la siembra en ciertas zonas se realiza hasta dos ciclos en el año.

## **2.2 Descripción Botánica**

### **2.2.1 Raíz**

La arquitectura del sistema radicular del maíz es muy versátil, presenta cinco tipos de raíces: primaria, escutelares seminales, laterales, de corona y aéreas (Martínez de la Cruz et al., 2011).

### **2.2.2 Tallo**

La altura del tallo va desde 1.75 a 3.00 m dependiendo en este caso del híbrido. Normalmente, los maíces de altura tienen un ciclo de cultivo de 215 a 270 días desde la siembra hasta la cosecha (Yáñez et al. 2013).

### **2.2.3 Hojas**

Los haces fibrovasculares que se ordenan en nervaduras paralelinervas en toda la lámina, lanceoladas, alternas (Prado et al., 2012).

### **2.2.4 Inflorescencia.**

Presenta flores masculina y femenina separada dentro de la misma planta. La inflorescencia masculina es una panícula (espigón o penacho) de coloración amarilla, además cada flor que compone la panícula contiene tres estambres donde se desarrolla el polen. En cambio, la inflorescencia femenina cuando ha sido fecundada por los granos de polen se denomina mazorca, donde se encuentran las semillas esta mazorca se halla cubierta por hojitas de color verde, terminando en una especie de penacho de color amarillo oscuro, formado por estilos (Guacho, 2014).

### **2.2.5 Grano**

Cada grano se denomina cariósipide, no presentando latencia la semilla. El pericarpio está fundido con la testa de la semilla formando la pared del fruto. El fruto maduro consta de pared, embrión diploide y endospermo triploide (Sánchez, 2014).

## **2.3 Exigencias agroclimáticas**

Las condiciones climáticas son de suma importancia a la hora de establecer un cultivo, ya que el crecimiento del cultivo también depende de las condiciones climáticas óptimas en las que se pueda manejar el maíz, principalmente para una buena producción y rentabilidad económica (Intercalidad, 2014). Es importante tener en cuenta estos puntos para que el cultivo se mantenga en las mejores condiciones posibles:

- Precipitación 650 a 1300 mm/año
- Temperatura 18 °C a 25°C
- Humedad relativa 65% a 85%
- Altitud 0 a 2500 msnm
- Viento moderado

### **2.4.1 Factores Climáticos**

Como la gran mayoría de los productos agrícolas, el maíz es muy sensible al cambio climático, especialmente durante la estación seca, es decir, septiembre y noviembre para Ecuador. Pero también meses como febrero y marzo, que son periodos de exceso de lluvias, que tradicionalmente llevan a la siembra estacional, creando así una sobreoferta en mayo y junio, generalmente época de cosecha. Los cambios climáticos también juegan un papel importante en el período de poscosecha o almacenamiento, ya que, si el grano de maíz está demasiado húmedo, pierde sus propiedades; Para un buen almacenamiento, las semillas deben tener un contenido de humedad de 12-14% y una temperatura promedio de 25-30 ° C (Baca, 2016).

### **2.4.2 Factores sociales**

Uno de los principales obstáculos para la producción de maíz es la dificultad de los pequeños y medianos agricultores para acceder a tierras de alto rendimiento en el Ecuador, pues a pesar del programa de reasignación de tierras lanzado en 2009 y empezado en el 2011 por el MAGAP, éste sigue estando por debajo de las expectativas (Baca, 2016).

La transición del empleo juvenil viene acompañada de la globalización de la migración laboral hacia las áreas urbanas e incluso dentro de las mismas áreas rurales hacia sectores distintos al agropecuario en busca de mejores oportunidades de vida y especialización en otras áreas productivas y de servicios, abandonando estos sectores. Vacío por los bajos salarios de los empresarios, que difícilmente permite a los trabajadores alcanzar mínimos de subsistencia, que es uno de los frenos sociales (Hidalgo et al., 2013).

### **2.4.3 Factores económicos**

El maíz, como muchos productos agrícolas transitorios, se caracteriza por grandes fluctuaciones en los precios debido a la naturaleza cíclica de la oferta que está influenciada por una serie de factores, como las estaciones del año climático, lo que resulta en lluvias, heladas o sequías y también a causas de los cambios inesperados de temperatura a lo largo de los años que causan situaciones extremas (Baca, 2016).

Además, por su gran producción y participación en el mercado, Estados Unidos es el país que más influye en los precios internacionales, por lo que cualquier anuncio de aumento o disminución de la producción tiene un impacto significativo en los precios

internacionales, lo que no ocurre en China, país con gran nivel de producción pero que no tiene impacto significativo en el mercado internacional ya que su producción es para consumo interno, incluso es considerado un país importador (Baca, 2016).

## 2.5 Plagas

**Insectos.** - Los insectos que se consideran más importantes son: las hormigas (*Acromyrmex* Mayr y *Atta* Fabricius.), las lagartas cortadoras (*Agrotis ipsilon* Hufnagel) y la lagarta cogollera (*Spodoptera frugiperda* Smith.). Existe otro grupo de insectos como el barrenador del tallo (*Diatraea saccharalis* Fabricius), la lagarta elasmó (*Elasmopalpus lignosellus* Zeller), la lagarta de la espiga (*Heliothis zea* Boddie) y el pulgón del maíz (*Rhopalosiphum maidis* Fitch) (Zerbino y Fassio, 1995).

*Agrotis ipsilon* es una importante plaga mundial del maíz, presente en todos los continentes donde se cultiva maíz. Las polillas suelen poner sus huevos en las malas hierbas y las larvas se alimentan de estas luego pasan a alimentarse de maíz, cuando se destruye la mala hierba huésped (Sherrod et al., 1979).

### 2.5.1 Daños de *Spodoptera frugiperda*

*Spodoptera frugiperda* es conocida comúnmente como “cogollero del maíz” (derivado de su forma de daño más conocida) u “oruga militar tardía” porque si la comida escasea, las larvas migran a otros cultivos desplazándose en masa como un “regimiento”. Cuando afecta a plantas jóvenes, el daño puede ser total, mientras que, si afecta a plantas en estados fenológicos avanzados, pueden recuperarse de la defoliación y llegar a la cosecha normal (Casmuz et al., 2010).

Durante las etapas de crecimiento vegetativo del maíz, las larvas consumen las hojas afectando indirectamente el rendimiento del cultivo, reducen el área fotosintética, y el ataque a plantas pequeñas, daña o destruye el tejido meristemático y ocasiona reducción de las plantas (Drouet, 2018, pp 47-56).

Los ataques más severos ocurren durante el crecimiento vegetativo inicial de las plantas, 30 días después de la siembra, el daño es significativo y puede reducir el rendimiento en 0,8 t/ha de maíz seco, lo que equivale al 40% del rendimiento (Drouet, 2018).

El gusano cogollero hace raspaduras sobre las partes tiernas de las hojas y luego aparecen como pequeñas áreas transparentes. Cuando la oruga alcanza cierta etapa de

desarrollo, comienza a alimentarse por completo del follaje del cogollo, las hojas presentan una fila regular de agujeros a través de láminas foliares o áreas alargadas. Durante este período, es característico observar excrementos de larvas en forma de aserrín. (Drouet, 2018).

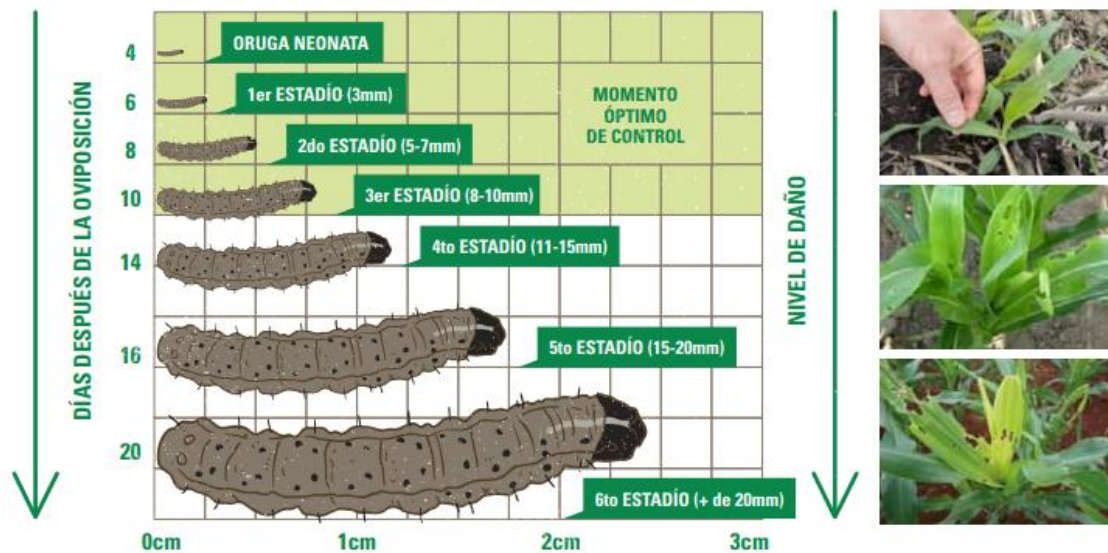
### 2.5.2 Ciclo Biológico

Los **huevos** del cogollero son depositados en grupos, preferentemente en el envés de las hojas y están cubiertos por pelos y escamas. Originalmente son de color rosáceo claro, blancuzco, radialmente estriados, y luego se oscurecen previo a la eclosión (Programa Manejo de Resistencia de Insecto (MRI), 2019). Las **larvas** pasan por 6-8 estadios L1, recién emergida es de color blanquecino a amarillo con pequeños puntos negros de los que sobresalen setas primarias. La cápsula cefálica es de color negra. A medida que se alimentan se oscurecen dando una apariencia de color verdoso. Los siguientes dos instares (L2- L3) son similares en color al primer instar, pero por lo general se oscurecen justo antes de entrar al cuarto instar. Los tres instares finales (L4-L6) son típicamente de color oscuro, con patrones de colores que varían en función de su dieta y otros factores. En la cabeza, la larva presenta áreas adfrontales de color blanco-amarillo en forma de “Y” invertida (DGSV-CNRF, 2020.) La **pupa** es de color caoba y mide 14 a 18 mm de longitud y alrededor de 4.5 mm de diámetro, con su extremo abdominal (cremaster) terminando en dos espinas o ganchos en forma de “U” invertida. Las mariposas **adultas** tienen una envergadura de 32 a 40 mm. En las mariposas macho, las alas delanteras suelen ser grises y marrones, con manchas triangulares blancas en la punta y cerca de la mitad del ala. Las alas delanteras de la hembra son menos notorias y van desde un marrón grisáceo regular hasta un gris y marrón con manchas finas. Las alas posteriores son de color blanco iridiscente con márgenes oscuros en ambos sexos. Los adultos son más activos durante la noche y más activos durante las tardes cálidas y húmedas. Después de un período preovulatorio de tres a cuatro días, la hembra generalmente pone la mayoría de los huevos en los primeros cuatro o cinco días de su vida, pero continúa la reproducción hasta por tres semanas. El ciclo de vida lo completan en 30 días durante el verano, más de 60 días en primavera y otoño, y de 80 a 90 días durante el invierno (Capinera, 2020). Fig. 1



**Figura 1** Ciclo biológico del gusano cogollero del maíz, en américa latina (FAO, s.f).

El estadio de las larvas siempre se debe monitorear, ya que depende de su fase y tamaño para poder realizar un control óptimo Fig. 2: cuanto más se desarrolle, más difícil es controlarlo con tecnologías Bt o pesticidas químicos. Ya que cuando las orugas completan su crecimiento, se entierran en el suelo (de 2 a 8 cm según el tipo de suelo) o se quedan sobre la maleza, volviendo su control casi imposible (MRI, 2019).



**Figura 2** Estadios larvales del gusano cogollero (Pioneer, 2014).

## 2.6. Tierra de diatomea

La tierra de diatomea está constituida de dióxido de silicio de restos fosilizados de algas diatomeas de agua dulce y salada. Siendo, el silicio el que constituye cerca del 70 al 90% del total de los compuestos presentes en la diatomea, el resto son cantidades pequeñas de minerales como calcio, fósforo, azufre, níquel, zinc, manganeso, aluminio, hierro, magnesio, sodio y cal (Paneque, 2019).

Al usar tierra de diatomeas para el jardín, es muy importante comprar solo tierra de diatomeas de grado alimenticio y no a tierra de diatomeas que se usa para filtros de piscinas. Uno de los beneficios de la tierra de diatomeas para el control de plagas es que estas no tienen forma de desarrollar una resistencia, lo que no se puede decir de los insecticidas de control químico. La tierra de diatomeas no dañará a las lombrices ni a los microorganismos beneficiosos del suelo (Griep, 2021).

La tierra diatomea, ha demostrado ser efectiva para el control de plagas de granos almacenados, esta provoca desgarradura de quitina en los pliegues de las articulaciones, separación de los músculos de la valva traqueal, perforación de las paredes de la tráquea, deterioro mandibular por abrasión, desgarradura del esófago; separación de los músculos constructivos del sistema de Malpighi y absorción de la cera, la muerte de los insectos ocurre aproximadamente 12 horas después de haber tomado contacto con el producto (Paneque, 2019).

Guzmán y Parera (2000), realizaron una “Evaluación de la tierra de diatomeas y el macerado de tabaco en el control de orugas (*Spodoptera frugiperda* y *heliopsis zea*), en maíz dulce”, en el cual los resultados del análisis de datos mostraron la efectividad del tratamiento 2 de tierra de diatomeas, aplicado por espolvoreado, la tasa de daños en las espigas fue solo del 42 %, en comparación con el testigo donde el daño superó el 90%. El tratamiento 3 de tierra de diatomeas, diluida al 2%, también mostró un valor bajo con respecto al porcentaje de espigas dañadas y el tratamiento 1 (macerado de tabaco), no fue efectivo en el control de la plaga.

### 2.6.1 La diatomea para el control de otras plagas

Marrero et al. (2020) Evaluaron la eficacia de la Tierra de diatomeas (Protect IT®) para el control de *Sitophilus zeamais* Motschulsky. En un silo metálico en tres grupos: 90 % de Tierras Diatomeas, Actellic CE 50 (Pirimifos-metilo y un control no tratado. La Tierra Diatomea y Actellic fueron evaluados a 9,0 kg PC.ton-1 y 12,0 ml.ton-1,

respectivamente. 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 bajo al 60 %, valor que difirió estadísticamente respecto al insecticida sintético. Por lo que se recomiendan la Tierra de diatomeas como alternativa de manejo fitosanitario de *S. zeamais* en Silos Metálicos para disminuir el uso de insecticidas químicos en el almacenamiento de granos de maíz.

El tratamiento con tierra de diatomeas se ha utilizado, para la protección de Granos y semillas de sorgo, en este estudio aplicaron una dosis de 16 ml/l, diluido en agua para aplicar 2 ml de solución por kg de semilla y como parámetro de comparación el insecticida pirimifos metil. La mortalidad total del 100% tuvo efecto a los 15 días del contacto de los insectos con las semillas en ambos tratamientos y no hubo emergencia de polillas, por lo que tanto el tratamiento con pirimifos metil, como con tierra de diatomeas garantizó la protección de semillas y granos de sorgo contra las principales plagas de los granos almacenados. Y como la tierra de diatomeas actúa sobre los insectos a través de principios físicos más que químicos, no incorpora residuos tóxicos en los granos y su efecto residual puede ser más duradero (Santos y Ribeiro, 2006).

La adición de tierra de diatomeas puede proporcionar un control satisfactorio de las plagas en productos almacenados. Shafighi et al. (2014) realizaron un estudio para el control de *Tribolium castaneum* Herbst, *Rhyzopertha dominica* (F.) y *Oryzaephilus surinamensis* L., el bioensayo se realizó en laboratorio utilizando una formulación de SilicoSec® (DE) utilizada sola y en combinación con aislados de hongos entomopatógenos, *Metarhizium anisopliae* (Metschinkoff) Sorokin y *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin. en 50 gramos de granos de trigo y se trataron con 200 mg/kg de DE solo, 400 mg/kg de cada uno de los hongos entomopatógenos y una combinación de DE y hongos. La eficacia de los tratamientos se observó en la combinación de hongos y DE ya que el porcentaje de mortalidad de *T. castaneum* fue entre el 80 y el 84%, tras un intervalo de exposición de 7 días. También se observaron resultados similares para *R. dominica*, donde la mortalidad de todos los tratamientos aumentó después de 7 días al utilizar la combinación de los tratamientos. Para *O. surinamensis*, los aislados de *B. bassiana* 437 + DE y *M. anisopliae* 715 + DE causaron una mortalidad significativamente mayor a los 2 días de iniciados los experimentos y aún más alta a los 7 días en todos los tratamientos combinados, donde > 95% de los individuos expuestos estaban muertos.



Aziz & Ghany (2018), realizaron bioensayos de laboratorio para determinar el efecto de la tierra de diatomeas natural y con tres modificaciones químicas Al-DE, Ca-DE y Na-DE contra gorgojos adultos *Sitophilus granarius* L. los tratamientos se realizaron con concentraciones de 1,5, 1,0, 0,75 y 0,375 g/kg. La modificación más eficaz fue la Al-DE, con una mortalidad del 98%, en comparación con la tierra de diatomeas natural. Los adultos tratados se le realizaron un barrido con un microscopio electrónico donde se observaron daños en las partículas, los órganos sensoriales y partes del tegumento en todo el cuerpo.

Para el control de *Phthorimaea operculella* Zeller. Atay et al. (2021) realizaron pruebas en condiciones de laboratorio con tierra de diatomeas nativa (DE) Turco004 el estudio fue realizado en pupas de *P. operculella*, en concentraciones de 2,5, 5, 10 y 20 mg. Donde obtuvieron resultados positivos ya que en los tratamientos de tierra de diatomeas no se observó ninguna emergencia de las pupas con las concentraciones aplicadas, por lo que tiene un alto potencial para el control esta lepidotera y podría sugerirse para los programas de gestión integrada de plagas.

También se ha utilizado la tierra de diatomeas (TD) y esta vez junto con la cal para el control del molusco gasterópodo *Arion distinctus* en condiciones de laboratorio y sobre arionidos y agriolimácidos en campo. Los tratamientos se aplicaron en polvo y por aspersión. En laboratorio 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; en campo solo se evaluó el método por aspersión con la misma cantidad de variantes, pero en todos los casos se duplicaron las dosis. Se determinaron las poblaciones de babosas y la eficacia a los tres y siete días después las aplicaciones. 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. Por lo que la TD es útil en el control de estas especies de moluscos y su resultado es mejor con dos aplicaciones (Méndez y Castellanos, 2019).

El *Triatoma infestans* es el principal vector de la enfermedad de Chagas en Argentina. La tierra de diatomeas (TD) es un producto natural que se comercializa con fines insecticidas y que causa la muerte por deshidratación. Se evaluó la eficacia insecticida de TD al 60% de pureza, proveniente del yacimiento La Iglesiana sobre ninfas y adultos. Se aplicaron 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, ni en las ninfas. Se concluye que la tierra de diatomeas, no posee capacidad insecticida (Bilbao et al., 2007).

También se recomienda el uso de tierra de diatomeas para desparasitar ganado, granjas y ganadería ya que es muy eficaz contra pulgas y garrapatas y es completamente inofensivo para los animales, siendo la dosis recomendada de 1 g por kg. Además, también se usa como fertilizante, aunque no se considera esencial, es un nutriente que aportará muchos beneficios cuando se aplica a las plantas, como una mayor resistencia a las enfermedades, tolerancia al agua y la sal o una menor evaporación. El silicio es de gran importancia en las hierbas, en forma de óxido hidratado ( $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ), acumulándose en las paredes celulares, aumentando la permeabilidad y la resistencia al ataque de hongos e insectos (Sotomayor, 2020).

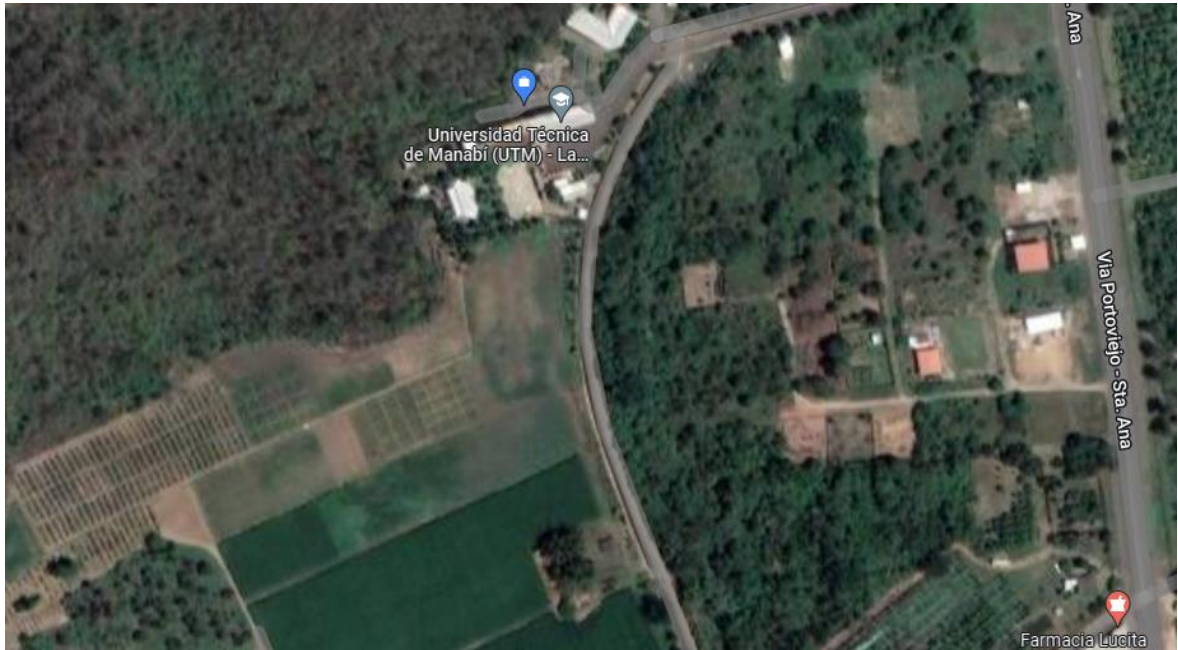
Showler et al. (2020) realizaron estudios en laboratorio para evaluar la eficacia de la tierra de diatomeas en comparación con un producto a base de gel de sílice para el control de la garrapata estrella solitaria, *Amblyomma americanum* L. el proceso lo realizaron con inmersión en polvos secos, contacto por arrastre sobre superficie tratada con polvo seco y contacto por arrastres sobre una película acuosa de polvos secos, con ninfas y lavas a diferentes tiempos de observación. Donde la mortalidad del 100% de larvas y ninfas la observaron a las 24 horas posteriores al contacto por inmersión en polvo seco y de arrastrarse por una superficie tratada con polvo seco con la aplicación de ambos productos y donde el contacto por arrastre sobre una película acuosa seca de los polvos, no fue tan eficaz como la exposición a los polvos secos.

Hoy en día, existen varios problemas relacionados con el uso excesivo de insecticidas sintéticos, los cuales se están aborando. Ya que están en riesgo la biodiversidad, el bienestar animal y humano y la seguridad alimentaria por lo cual se está empujando a la agricultura hacia un enfoque más sostenible, y la investigación se está moviendo en esta dirección, buscando alternativas ecológicas para adoptar en los protocolos de Manejo Integrado de Plagas (MIP). En este sentido, los polvos inertes, especialmente las tierras de diatomeas (DE), son una promesa importante para prevenir y controlar una amplia gama de plagas de artrópodos: como Acarina, Blattodea, Coleoptera, Diptera, Hemiptera, Hymenoptera, Ixodida, Lepidoptera, cuando se aplican solos o en combinación con otras técnicas. Se informa críticamente sobre los mecanismos de acción

de las ED, sus aplicaciones en el mundo real y los desafíos relacionados con su adopción en los programas de MIP.

### 3. Metodología

#### 3.1. Ubicación



**Figura 3** *Facultad de Ingeniería agronómica, Lodana – Manabí – Ecuador.*

La investigación se llevó a cabo en el periodo 2021-2, en los predios de los terrenos de la Facultad de Ingeniería Agronómica de la Universidad Técnica de Manabí ubicada en el km 14 de la vía Portoviejo – Santa Ana, Provincia de Manabí - Ecuador ubicada geográficamente a  $01^{\circ}09'$  de latitud sur y  $80^{\circ}21'$  de longitud oeste con una altura de 60 msnm.

#### 3.2 Material Vegetal

La especie utilizada para el estudio fue el maíz Híbrido Advanta ADV9735 es un material de origen tailandés, que está en desarrollo dentro del país: (ADVANTA, 2019)

**Tabla 1** Ficha ADVANTA9735, 2019

Características Agronómicas	Temporada de lluvia	Temporada de verano
Días de emergencia	5 a 10	5 a 10
Días de floración	59	59
Días de cosecha	123	123
Tipo de grano	Semi cristalino	Semi cristalino
Color de grano	Amarillo Naranja	Amarillo Naranja
Altura de la planta (cm)	240	222
Altura de mazorca (cm)	120	114
Numero de hileras por mazorca	14 a 16	14 a 16
Granos por hilera	38 a 42	38 a 42
Acame tallo	Muy bajo	Muy bajo
Acame raíz	Muy bajo	Muy bajo
Plantas/ha recomendadas a cosecha	62500	62500
Stay Green	Excelente	Excelente
Tolerancia a pudrición de mazorca	Media	Alta
Tolerancia a <i>Curvularia</i> sp	Media	Alta
Tolerancia a <i>Puccinia sorghi</i>	Alta	Alta
Tolerancia a <i>Helminthosporium turcicum</i>	Media	Media
Tolerancia a complejo de enfermedades de origen viral	Media	Media
Tolerancia a <i>Phyllachora maydis</i>	Alta	Alta
Tolerancia a <i>Cercospera</i> sp	Media	Media
Tolerancia a <i>Diplodia maydis</i>	Media	Media

### 3.3 Insumos utilizados

- Gramoxine (sal de dicloruro de paraquat) 150 y 250 cm/20lt (herbicida)
- Semevin (Thiodicarb 350g) 8cc/3lb
- Yaramila Integrador y Complex (fertilizante) 300-500 kg/ha (Yara, 2020).

### 3.4 Tratamientos en estudios

En este trabajo de investigación, se utilizó el insecticida químico Solaris (Spinetoram 60g/l) (Insecticida químico) y como alternativa orgánica la Tierra Diatomea.

**Tabla 2** Descripción de los tratamientos en estudios

No.	Símbolo	Dosis de tierra diatomea	Dosis de Solaris	Épocas de aplicación
1	D1E1	(250gr/parcela 25m <sup>2</sup> ) en polvo y liquido		A los 11-22 días después de la siembra.
2	D2E2	(500gr/parcela 25m <sup>2</sup> ) en polvo y liquido		A los 11-22 días después de la siembra.
3	D3E3		100cc/ha (2.5cc/parcela 25m <sup>2</sup> )	A los 11-22 días después de la siembra.
4	Testigo absoluto			

### 3.5 Diseño del experimento y Análisis estadísticos

Se utilizo un diseño experimental de bloques completos al azar (DBCA), el cual consto de 3 tratamientos + 1 testigo y 5 repeticiones.

### 3.6 Delineamiento experimental

El área a experimentada es de 1000 m<sup>2</sup>, las medidas de las parcelas fueron de 25 m<sup>2</sup> (5mx5m), con un espacio de 2 m entre tratamiento y 1.50 m entre repeticiones. Se realizó un análisis de varianza no paramétrica para determinar la efectividad entre los tratamientos, en las variables que se encuentren diferencias significativas se aplicará la prueba de Tukey (P<0,05) además de una prueba de t pareada, usando el programa estadístico Insfostat versión 2020.

### 3.7 Manejo del experimento

#### 3.7.1 Preparación del terreno

Preparación y delimitación de terrenos, se realizó la medición del terreno de 5x5 por parcela dejando un espacio de 2 m por tratamiento y 1.50 m entre repeticiones.

#### 3.7.2 Control de malezas

Para reducir el crecimiento de malezas se aplicó Gramaxine a dosis de 150cm/lit la primera aplicación se realizó un día antes de la siembra.

Se realizaron 4 aplicaciones de herbicida 3-10-14-27 días después de la siembra usando para las dos primeras aplicaciones Gramoxine 150cm/20lt y para las dos aplicaciones restante se utilizó en concentración de 275cm/20lt.

### **3.7.3 Siembra**

Para la siembra del maíz, se curó la semilla con Thiodicarb 350g, usando 8 ml en 3 libras de semilla de maíz, la aplicación del producto se realizó directamente sobre la semilla y se procedió a revolver para asegurar la distribución del producto, 24 horas antes de la siembra.

La siembra se realizó el 3 de octubre una vez establecido el sistema de riego, el distanciamiento de la siembra, entre plantas fue de 20 cm y entre hileras de 90 cm.

### **3.7.4 Riego**

El sistema de riego se estableció por goteo 3 veces a la semana, día por medio 15 minutos, tomando en cuenta las condiciones climatológicas presentes en dicha ubicación.

### **3.7.5 Control de Gusano Cogollero**

Las concentraciones de tierra diatomeas, fueron de 250 g y 500 g x 20 lt de agua y de 1 y 2 gr en polvo.

La tierra de diatomeas se aplicó usando una bomba de mochila de 20 litros directamente al follaje iniciando en el cogollo. La aplicación en polvo se realizó con la ayuda de una tapa de botella con la medida de 1 g. Estas se realizaron en las primeras horas de la mañana, a los 11 y 22 días después de la siembra.

La aplicación de la tierra diatomeas tanto en liquido como en polvo se realizó en cada hilera de forma alternada, en todas las parcelas.

El insecticida químico Solaris se aplicó a los 11-22 días (2 aplicaciones), a dosis recomendada por la casa comercial de 100 cc/ha (0.25 ml x parcela.). Este se aplicó usando una bomba de mochila de 20 litros, la preparación se aplicó directamente al follaje iniciando en el cogollo, y esto se realizó en las primeras horas de la mañana.

### **3.7.6 Fertilización**

Para la fertilización se aplicó Yara Mila Integrador y Yara Mila Complex, se aplicó de esta manera de acuerdo a la casa comercial del monte ya que es lo que los agricultores

están utilizando actualmente y su aplicación fue a los 11 y 32 días después de la siembra, la primera a una dosis de 5 g/planta y la segunda 10g/planta.

### **3.8 Variables evaluadas**

#### **3.8.1 Daño en hoja**

Los daños evaluados en el área foliar se realizaron mediante la utilización de una escala visual, la primera lectura antes de la aplicación del producto 10 días después de la siembra y las siguientes lecturas se realizaron después de la aplicación los insecticidas, a los 27, 31 y 38 días después de la siembra, la evaluación se realizó en 3 plantas escogidas al azar por cada repetición, el total de plantas evaluadas fueron 12. El grado de daño se asignó según, la escala visual que se observa en la Tabla 3.

#### **3.8.2 Daño en cogollo**

Este valor se obtuvo, observando la presencia de daños producidos por el cogollero, mediante la utilización de una escala visual en el cogollo de las plantas registrándose la primera lectura antes de la aplicación del producto y las siguientes lecturas se realizaron después de la aplicación de ambos productos, en 3 plantas escogidas al azar por cada repetición, en cada lectura se evaluaron 12 plantas, de acuerdo a los tratamientos en estudio. El grado de daños de las plantas fue atribuido según, la Tabla 3 en la cual se describen los daños.

**Tabla 3** Descripción del grado de daño

<b>Grado de Daño</b>	<b>Descripción del daño</b>
1	Sin daños
2	Con Daños

#### **3.8.3 Incidencias de larvas**

La incidencia de larvas se evaluó 10 días después de la siembra, antes de la aplicación de los insecticidas y 24 días después de la siembra con la aplicación de los insecticidas, la evaluación se realizó en 3 plantas al azar por cada repetición.

#### **3.8.4 Costo de Producción**

Este se determinó, tomando en cuenta los materiales utilizados en los tratamientos de TD a dosis de 250gr y 500g y Solaris, para determinar en qué tratamiento los costos de implementación fueron mayores y observar su relación con los daños.



## 4. Resultados y discusión

### 4.1 Daño en hoja y cogollo

En el cultivo de maíz, durante su desarrollo se observó daño en hoja y cogollo por el gusano cogollero. Mediante el análisis estadístico del daño de la hoja (Tabla 4) se puede observar que, en esta variable no hubo diferencia significativa entre los tratamientos ( $P > 0,05$ : 0,2516) de daño en hoja. Aunque no hubo diferencia estadística, numéricamente el tratamiento cuatro (Testigo) tuvo mayor daño en las hojas ( $\bar{x}$  1,32), mientras el tratamiento dos (TD a 500g) y tres (Solaris) presentaron la misma media en el daño ( $\bar{x}$  1,18). Mediante el análisis estadístico del daño de cogollo (Tabla 5), hubo diferencia significativa entre los tratamientos ( $P < 0,05$ : 0,0040). El tratamiento cuatro (Testigo) tuvo un mayor daño en el cogollo ( $\bar{x}$  1,17) mientras en el tratamiento tres (Solaris) presentó menor daño en el cogollo ( $\bar{x}$  1,02).

En los tratamientos utilizados para el control de *Spodoptera frugiperda* se presentó mayor daño en el tratamiento testigo, tanto en el área foliar como en el cogollo, mientras que en los tratamientos TD a 500g y Solaris se registró menor daño. Resultados que son similares a los obtenidos por Aniwanou et al. (2021), quienes en un experimento de laboratorio y de campo realizado en Benin, África occidental, usando productos biorracionales como la Tierra Diatomea y un insecticida semisintético, obtuvieron un control similar con la TD y en algunos tratamientos, mejor que con el insecticida semisintético. Además, Dezone (tierra diatomea) aplicado a 7,5 y 15 kg/ha, minimizó infestaciones de gusano cogollero y niveles de daño en el campo y el crecimiento de las plantas se mejoró.

Por otra parte, Bilbao et al. (2007) utilizaron la tierra diatomea proveniente del yacimiento La Iglesiasiana, no lograron un control de *Triatoma infestans* Klug por lo que afirman que la tierra de diatomeas, no posee capacidad insecticida debido a su relación con la humedad relativa, temperatura y las características fisicoquímicas de la TD usada.

Los polvos inertes como los de la tierra de Diatomea podrían desempeñar un papel importante en las futuras estrategias de manejo de plagas, asegurando un suministro abundante de alimentos y piensos seguros y saludables (Zeni et al., 2021).

En el estudio realizado en el tratamiento Solaris hubo menor daño de hojas y cogollo resultados que son similares a Litardo (2019), quien realizó un estudio sobre el efecto de la aplicación de insecticida al gusano cogollero (*S. frugiperda*) sobre el

rendimiento del cultivo de maíz (*Z. mays*) en la época lluviosa en la zona de Mocache, donde concluyó que la aplicación de **Solaris** (en la dosis de 100 ml/ha) a los 12 días después de la siembra registró el menor nivel de daños.

**Tabla 4** *Daño de hoja por Spodoptera frugiperda en maíz bajo diferentes tratamientos. Santa Ana 2021.*

N°	Tratamiento	Daño en Hoja	
		Media	E.E.
1	Tierra Diatomea 250 gr	1,22	0,05
2	Tierra Diatomea 500 gr	1,18	0,05
3	Solaris	1,18	0,05
4	Testigo	1,32	0,06

**Tabla 5** *Daño de cogollo por Spodoptera frugiperda en maíz bajo diferentes tratamientos.*

N°	Tratamiento	Daño en cogollo	
		Media	E.E.
1	Tierra Diatomea 250 gr	1,03 a	0,02
2	Tierra Diatomea 500 gr	1,05 a	0,03
3	Solaris	1,02 a	0,02
4	Testigo	1,17 b	0,05

#### 4.2 Incidencia de larvas de *Spodoptera frugiperda*

Realizada la prueba T para medias pareadas, se encontró diferencias significativas en el tratamiento Solaris ( $P < 0,05$ : 0,0004), en los tratamientos Tierra diatomea a 250 g, Tierra diatomea a 500 g y Testigo no hubo diferencia significativa ( $P > 0,05$ ) en relación a la presencia de larvas registradas en las dos evaluaciones (antes y después de la aplicación).

Con un 95% de confianza podemos afirmar que la diferencia de medias en el tratamiento Solaris en las dos evaluaciones registradas a los 10 días después de la siembra y 24 días después de la siembra (0,06), se encuentra entre 0,32 y 0,88.

En los tratamientos utilizados para el control de *S. frugiperda* se presentó diferencia estadística significativa con menor presencia de larvas en el tratamiento Solaris en las dos evaluaciones registradas, mientras que en los demás tratamientos se observaron diferencias, entre las medias en las dos evaluaciones registradas (antes y después)

registrando también una menor presencia de larvas en el tratamiento Tierra diatomea a 500g y una mayor presencia de larvas en el tratamiento testigo. En los resultados del estudio de Aniwanou et al. (2021) se observaron similitudes, ellos investigaron la bioactividad de varios insecticidas biorracionales contra *S. frugiperda* larvas en condiciones de laboratorio y de campo, todos los insecticidas biorracionales PlantNeem, jabón Palmida y Dezone (tierra de diatomeas) superaron al control sin tratar y produjeron un control similar y en algunos casos, mejor que el insecticida químico Emacot 19 EC. Nuestros hallazgos están de acuerdo con los de Constanski et al. (2016), quienes demostraron la eficacia de la DE (Tierra diatomea) contra larvas de segundo estadio de *S. eridania* y *S. frugiperda* en condiciones de laboratorio.

En nuestro estudio al igual que el de Marrero et al. (2020), 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. En los resultados de Ebadollahi & Sadeghi. (2018) se observó mayor mortalidad con tierra de diatomeas en comparación con caolín en larvas de *Spodoptera exigua*, la tasa de mortalidad más alta (59,25 %) se observó con una concentración del 20% de tierra de diatomeas después de 72h y la más baja tasa de mortalidad (18,12%) se detectó con una concentración de 5% de caolín después de tiempos de exposición de 24h.

**Tabla 6** Incidencia de larvas de *Spodoptera frugiperda* en dos evaluaciones realizada (de antes y después de la aplicación)

N°	Tratamientos	Antes de la aplicación	Después de la aplicación	Media (dif)	95% Intervalo de confianza para la diferencia		P valor (Bilateral)
		10 días después de la siembra	24 días después de la siembra		LI (95%)	LS (95%)	
1	Tierra diatomea a 250 g	0,40	0,33	0,40	-0,32	0,46	0,7192
2	Tierra diatomea a 500 g	0,47	0,27	0,20	-0,17	0,57	0,2711
3	Solaris	0,60	0	0,60	0,32	0,88	0,0004
4	Testigo	0,67	0,47	0,20	-0,17	0,57	0,2711

### 4.3 Análisis económico

Mediante el análisis económico (Tabla 4) se observa un mayor costo en el tratamiento Solaris (\$50) en un área de 125m<sup>2</sup>, mientras que en los tratamientos TD a 250g–500g se registra un menor costo (\$34,50 y 37) en un área de 125m<sup>2</sup> respectivamente, aunque se observan diferencias de costos entre los tratamientos, no se trata de un costo beneficio entre estos, aunque se rescata la importancia ecológica del tratamiento Tierra Diatomea para el medio ambiente y la salud humana, ya que es orgánico.

**Tabla 7** Análisis económico con el uso de tierra diatomea en el cultivo de maíz.

N°	Tratamientos	Costo tratamiento	Costos variables	Costo total	Costo total/ha
1	TD a 250g	2,5	19,5	34,5	2.720,0
2	TD a 500g	5	19,5	37	2.960,0
3	Solaris	18	19,5	50	4.000,0
4	Testigo	0	19,5	19,5	1.560,0

Rendimiento del área total (500m<sup>2</sup>) = 8q

Precio/q = \$ 14,00

A diferencias de nuestros resultados, en el análisis económico de Botto (2017), se observó que todos los tratamientos (Diatomeas a dosis de 1,5 kg, 2,0 kg, 2,5 kg, Clorpirifos (Testigo convencional) 0,75 L/ha y Testigo) reportaron beneficio neto favorable, destacándose la aplicación de Clorpirifos en dosis de 0,75 L/ha con \$ 749,13. Por otra parte en los resultados de Chango. (2012), la relación beneficio costo, presenta valores positivos, encontrando que el tratamiento D3E2 (Thiodicarb a dosis de 15 cc/0,45 kg de arena, a los 60 días), alcanzó la mayor relación beneficio costo de 1,27 en donde los beneficios netos obtenidos fueron 1,27 veces lo invertido, siendo desde el punto de vista económico el tratamiento de mayor rentabilidad.

## **5. Conclusiones y recomendaciones**

### **5.1 Conclusiones**

- La tierra diatomea si tuvo efectos en el control de gusano cogollero en el cultivo de maíz, el cual fue similar al insecticida químico Solaris, en el periodo seco.
- El costo en el control de *Spodoptera frugiperda* en el cultivo de maíz, es menor con TD, con respecto al insecticida Solaris.

### **5.2 Recomendaciones**

- Realizar estudios de mortalidad de larvas de *Spodoptera frugiperda*, con Tierra diatomea en condiciones de campo en épocas lluviosas.
- Realizar estudios de efectividad de tierra diatomea en la mortalidad de larvas, en condiciones laboratorio.
- Evaluar el efecto de tierra Diatomea en la población de insectos benéficos, asociados al cultivo de maíz.

## 6. Referencias

- ADVANTA. (2019). Semilla de maíz adv 9735. Ecuador.
- Aniwanou, C. Sinzogan, A. Deguenon, J. Sikirou, R. Stewart, D. Ahanchede, A. (2021). Bio-Efficacy of Diatomaceous Earth, Household Soaps, and Neem Oil against *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) Larvae in Benin. *Insects*, 12 (1), 18. <https://doi.org/10.3390/insects12010018>
- Atay, T., Alkan, M & Erturk, S. (2021) Insecticidal Efficacy of Native Diatomaceous Earth against Potato Tuber Moth, [*Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae)], Pupae. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 24 (1), 165-170. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdogan.vi.718094>
- Aziz, S.E & Ghany, N.M. (2018). Impact of Diatomaceous Earth Modifications for Controlling the Granary Weevil, *Sitophilus granarius* (Linnaeus) (Coleoptera: Curculionidae). *J. Agr. Sci. Tech.* 20, 519-531. [ DOR: 20.1001.1.16807073.2018.20.3.12.8 ].
- Baca, L. (2016). *La producción de maíz amarillo en el Ecuador y su relación con la soberanía alimentaria*. [Pontificia Universidad Católica del Ecuador Facultad de Economía]. Repositorio Institucional – PUCE.
- Bahena, J. F. (2020). Manejo Agroecológico del Gusano Cogollero del Maíz en México. Serie Fitosanidad. *Artículos Técnicos de INTAGRI*, (122), 10. <https://www.intagri.com/index.php/articulos/fitosanidad/manejo-agroecologico-del-gusano-cogollero-del-maiz-en-mexico>
- Bilbao, M. Mañá, M. y Murúa, F. (2007). Evaluación del efecto insecticida de tierra de diatomeas sobre *Triatoma infestans* (Hemíptera, reduviidae). *Rev Peru Med Exp Salud Publica*, 24(2), 179-81.
- 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 Pregrado, Universidad Técnica de Babahoyo). <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/4118/TE-UTB-FACIAG-ING%20AGROP-000009.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Capinera, J. (2020). Fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Insecta: Lepidoptera: Noctuidae). *University of Florida*. EDIS 2002 (7) <https://doi.org/10.32473/edis-in255-2000>
- Castro, P., Quillay, N., y Bravo, C. (2019). Identificación molecular por PCR del gusano cogollero en el Sur del Ecuador. *MASKANA*, 10(1), 41-45. doi: 10.18537/mskn.10.01.06
- Casmuz, A., Juárez, M., Socías, G., Murúa, G., Prieto, S., Medina, S., Gastaminza, G. (2010). Revisión de los hospederos del gusano cogollero del maíz, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Revista de la Sociedad Entomológica*, 69(3-4), 209-231.
- Chango, L. (2012). *Control de gusano cogollero (Spodoptera frugiperda) en el cultivo de maíz (Zea mays L.)*. (Tesis de Pregrado, Universidad Técnica de Ambato). <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/3174/1/Tesis-33agr.pdf>.
- Constanski, KC; Zorzetti, J.; Santoró, PH; Hoshino, AT; Neves, PMOJ. (2016). Inert powders alone or in combination with neem oil for controlling *Spodoptera eridania* and *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) larvae. *Semina: Ciências Agrárias*, 37(4), 1801–1810. DOI: 10.5433/1679-0359.2016v37n4p1801
- DGSV-CNRF. (2020). Gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). *Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria Dirección General de Sanidad Vegetal- Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria-Grupo Especialista Fitosanitario*. Ficha Técnica. Tecámac, México 22 p.
- Drouet, A. (2018). Efecto de la aplicación de *Bacillus thuringiensis* en el control del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* J.E. Smith) del híbrido de Maíz (*Zea mays*) INIAP H-551 en la comuna Río Verde provincia de Santa Elena. *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, 5 (1), 47-56. DOI: 10.26423/rctu.v5i1.312
- Ebadollahi, A & Sadeghi, R. (2018). Diatomaceous Earth and Kaolin as Promising Alternatives to the Detrimental Chemicals in the Management of *Spodoptera exigua*. *Jornal. Entomology*, 15 (2), 101-105. DOI: 10.3923/je.2018.101.105

- El Productor (2019). *Expectativas para el 2019 en la cosecha maicera | Noticias agropecuarias*. ElProductor.com. <https://elproductor.com/2019/04/expectativas-para-el-2019-en-la-cosecha-maicera/#>
- FAO. (s.f). Ciclo biológico del cogollero del maíz, en América latina. <https://www.fao.org/3/i7424s/i7424s.pdf>
- FAOSTAT. (2020). Datos de producción. Obtenido de <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>
- Guacho, E. (2014). *Caracterización agro-morfológica del maíz*. [Tesis de Pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <http://dspace.espech.edu.ec/bitstream/123456789/3455/1/13T0793%20.pdf>
- Guzmán y Parera (2000). *Evaluación de la tierra de diatomeas y el macerado de tabaco en el control de orugas (spodoptera frugiperda y heliothis zea), en maíz dulce*. XXIII Congreso Argentino de Horticultura, X Congreso Latinoamericano de Horticultura, III Congreso Iberoamericano de Horticultura. Mendoza, Argentina. [https://www.researchgate.net/publication/283291418\\_EVALUACION\\_DE\\_LA\\_TIERRA\\_DE\\_DIATOMEAS\\_Y\\_EL\\_MACERADO\\_DE\\_TABACO\\_EN\\_EL\\_CONTROL\\_DE\\_ORUGAS\\_Spodoptera\\_frugiperda\\_y\\_Heliothis\\_zea\\_EN\\_MAIZ\\_DULCE](https://www.researchgate.net/publication/283291418_EVALUACION_DE_LA_TIERRA_DE_DIATOMEAS_Y_EL_MACERADO_DE_TABACO_EN_EL_CONTROL_DE_ORUGAS_Spodoptera_frugiperda_y_Heliothis_zea_EN_MAIZ_DULCE)
- Griep, S. (2021). *Usos de la tierra de diatomeas: tierra de diatomeas para el control de insectos*. gardeningknowhow.com. <https://www.gardeningknowhow.com/plant-problems/pests/pesticides/diatomaceous-earth-insect-control.htm>
- Hidalgo F., Lacroix P., Román P. (2013). *La soberanía alimentaria: un análisis del concepto*. SIPAE, 11-36 <https://hal-agrocampus-ouest.archives-ouvertes.fr/hal-00794380>
- INEC. (2020). *Encuesta de superficie y producción agropecuaria continua 2020*. [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas\\_agropecuarias/espac/espac-2020/Presentacion%20ESPAC%202020.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2020/Presentacion%20ESPAC%202020.pdf)
- Intercalidad. (2014). *Guía de buenas prácticas agrícolas para maíz duro*. <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu165997.pdf>



- 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 pregrado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo). <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/3624>.
- Marrero, L., Torrent, J., Velázquez, N., Socorro, V., Ramírez, M. (2020). Eficacia de Tierra Diatomea para el control de Sitophilus zeamais Motschulsky en un silo metálico. *Revista de Protección Vegetal*, 35(1).
- Martínez de la Cruz, E., Beltrán, E., y López, J. (2011). La arquitectura radicular del Maíz (Zea mays L.). *Ciencia Nicolaita* (53).
- Méndez, A y Castellano, L. (2019). Eficacia de la tierra de diatomeas y la cal sobre arionidos y agriolimácidos. *Cienc Tecnol Agropecuaria, Mosquera*, 20(3), 579-593. DOI: [https://doi.org/10.21930/rcta.vol20\\_num3\\_art:1587](https://doi.org/10.21930/rcta.vol20_num3_art:1587)
- MIR. (2019). *Cogollero (Spodoptera frugiperda) en el cultivo de maíz.* <https://www.aapresid.org.ar/wp-content/uploads/sites/3/2019/12/Cogollero-1.pdf>
- Nava, E., García, C., Camacho, J., y Vázquez, E. (2012). Bioplaguicidas: una opción para el control biológico de plagas. *Ra Ximhai*, 8(3), 17-29.
- Paneque, M. (2019). PROTECT-IT como una alternativa de control natural en el desarrollo de la agricultura sostenible. *Monteverdia*, 12(1), 43-41.
- Pioner. (s.f.). *Manejo de gusano cogollero en cultivos de maíz manejo integrado de plagas.* Pioneer.com. Recuperado el 25 de Julio del 2022 [https://www.pioneer.com/cmroot/international/argentina\\_intl/agronomia/manejo\\_de\\_gusano\\_cogollero\\_en\\_maiz.pdf](https://www.pioneer.com/cmroot/international/argentina_intl/agronomia/manejo_de_gusano_cogollero_en_maiz.pdf)
- Prado, M., Anzaldo, J., Becerra, B., Palacios, H., Vargas, J., & Rentería, M. (2012). Caracterización de hojas de mazorca de maíz y de bagazo de caña para la elaboración de una pulpa celulósica mixta. *Madera y Bosques*, 18(3), 37-51.
- Ranum, P., Peña, J., & García, M. (2014). Global maize production, utilization, and consumption. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 13(12), 105-112. doi: 10.1111/nyas.12396.

- Reséndiz, Z., López, J., Hernández, E., Estrada, B., Mendoza, M., & Reyes, C. (2016). Importancia de la resistencia del maíz nativo al ataque de larvas de lepidópteros. *Temas de Ciencia y Tecnología.*, 20(59), 3-14.
- Sánchez, I. (2014). Maíz I (*Zea mays*). *Reduca (Biología). Serie Botaica*, 7(2), 151-171.
- Santos, J y Ribeiro, R. (2006). Proteção de Grãos e Sementes de Sorgo Contra Insetos-Pragas Durante o Armazenamento com Terra Diatomácea. Embrapa. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/29687/1/Protecao-graos.pdf>
- Shafighi, Y., Ziaee, M. y Ghosta, Y. (2014) Diatomaceous earth used against insect pests, applied alone or in combination with *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana*. *Journal of Plant Protection Research*, 54 (1), 62-66. DOI: 10.2478/jppr-2014-0009
- Sherrod DW, Shaw JT, y Luckmann WH (1979). Conceptos sobre la biología del campo del gusano cortador negro en Illinois. *J Entomología ambiental*, 8 (2), 191 – 195. <https://doi.org/10.1093/ee/8.2.191>
- Showler, A., Flores, N., Ryan, M., Mitchel, R., Perez de León, A. (2020). Efectos letales de un producto comercial de polvo de tierra de diatomeas en larvas y ninfas de *Amblyomma americanum* (Ixodida: Ixodidae). *Journal of Medical Entomology*, 57(5), 1575-1581. <https://doi.org/10.1093/jme/tjaa082>
- Sotomayor, J. (2020). *Tierra de diatomeas, un insecticida y fertilizante de éxito*. Sembralia.com. <https://sembralia.com/tierra-diatomeas-agricultura/>
- Valdez, J., Soto, F., Osuna, T., & Báez, M. (2012). Modelos de predicción fenológica para maíz blanco (*Zea mays* L.) y gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* J. E. Smith). *Agrociencia*, 46(4), 399-410.
- Wilkes, H y Goodman, M. (1995). Mystery and Missing Links: The origen of Maize. En: *Maize Genetics Resources*. CIMMYT.
- Yanez, C., Zambrano, J., Caicedo, M., & Heredia, J. (2013). *Guía de producción de maíz para pequeños agricultores y agricultoras*. <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2435>

- Yara. es (2020). Yaramila™Complex. Recuperado el 21 de Julio del 2022:  
<https://www.yara.es/contestassets/e4f2d77ab24c4e509430b5f1e519d106/yaramila-complex-v1.pdf/>
- Zambrano, J. L., Yáñez, C., Sangoquiza, C., Limongi, R., Alarcón, D., Zambrano, E., Caicedo, M., Villavicencio, P., Cartagena, Y., Parra, R., Azaquibay, C., Quimbiamba, V., Nieto, M., López, V., Tapia, C., Tacán, M., Villacrés, E., Garcés, S., Cañarte, E... Pinargote, L. (2019). *Situación del cultivo de maíz en Ecuador: investigación y desarrollo de tecnologías en el Iniap*. IV Congreso de semillas, Montería, Córdoba, Colombia.  
<https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5457/1/iniapeppdf62.pdf>
- Zeni, V., Contra, G., Benelli, G., Canale, A., Athanassiou, C. (2021). Diatomaceous Earth for Arthropod Pest Control: Back to the Future. *Molecules*, 26(24). doi: 10.3390/molecules26247487
- Zerbino, M., & Fassio, A. (1995). Insectos plagas en Maíz. *INIA*.

## 7. Anexos



**Figura 4** Preparación del terreno y control de malezas



Figura 5 Preparación de la semilla y siembra.

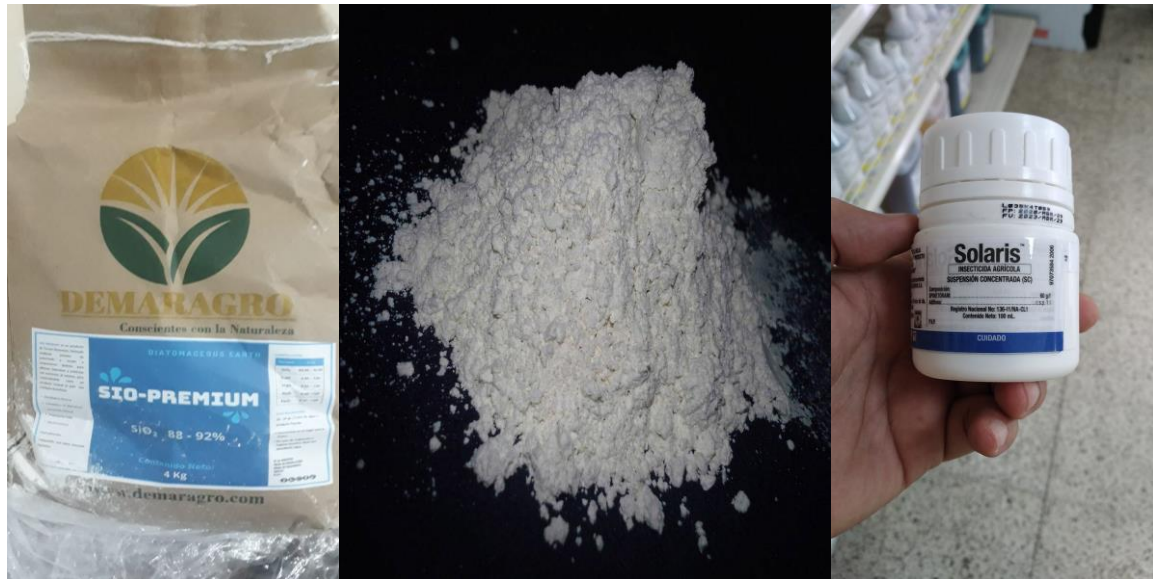


**A.** Mariposa nocturna *Spodoptera frugiperda* Smith  
**B.** Masas de huevos de *S. frugiperda*, fotos tomadas en el establecimiento de la tesis campo.

**Figura 6** Observaciones de masa de huevos y mariposa de *S. frugiperda*.



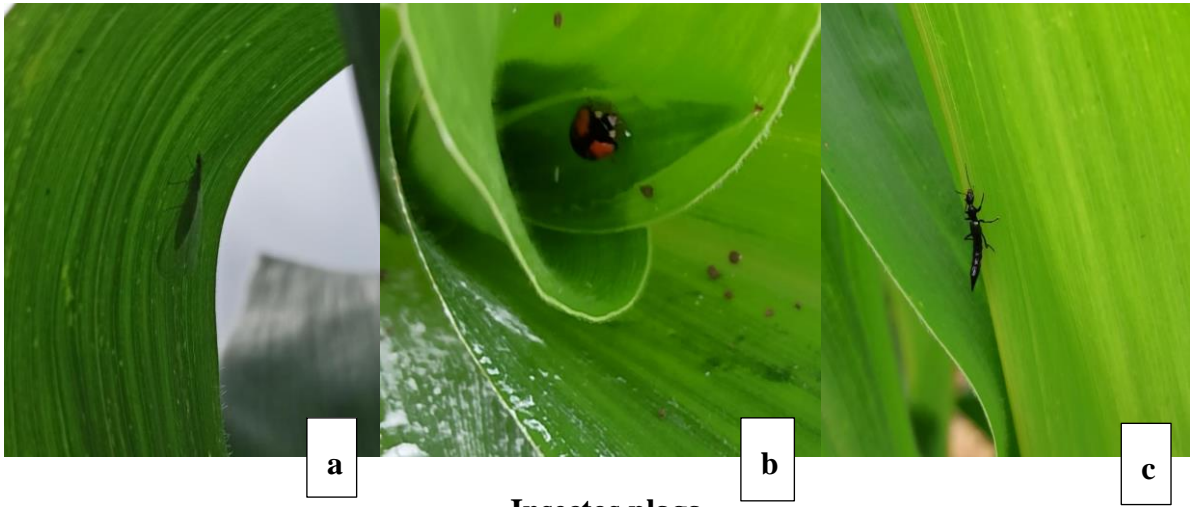
**Figura 7** Observaciones de larvas y daños en el cultivo.



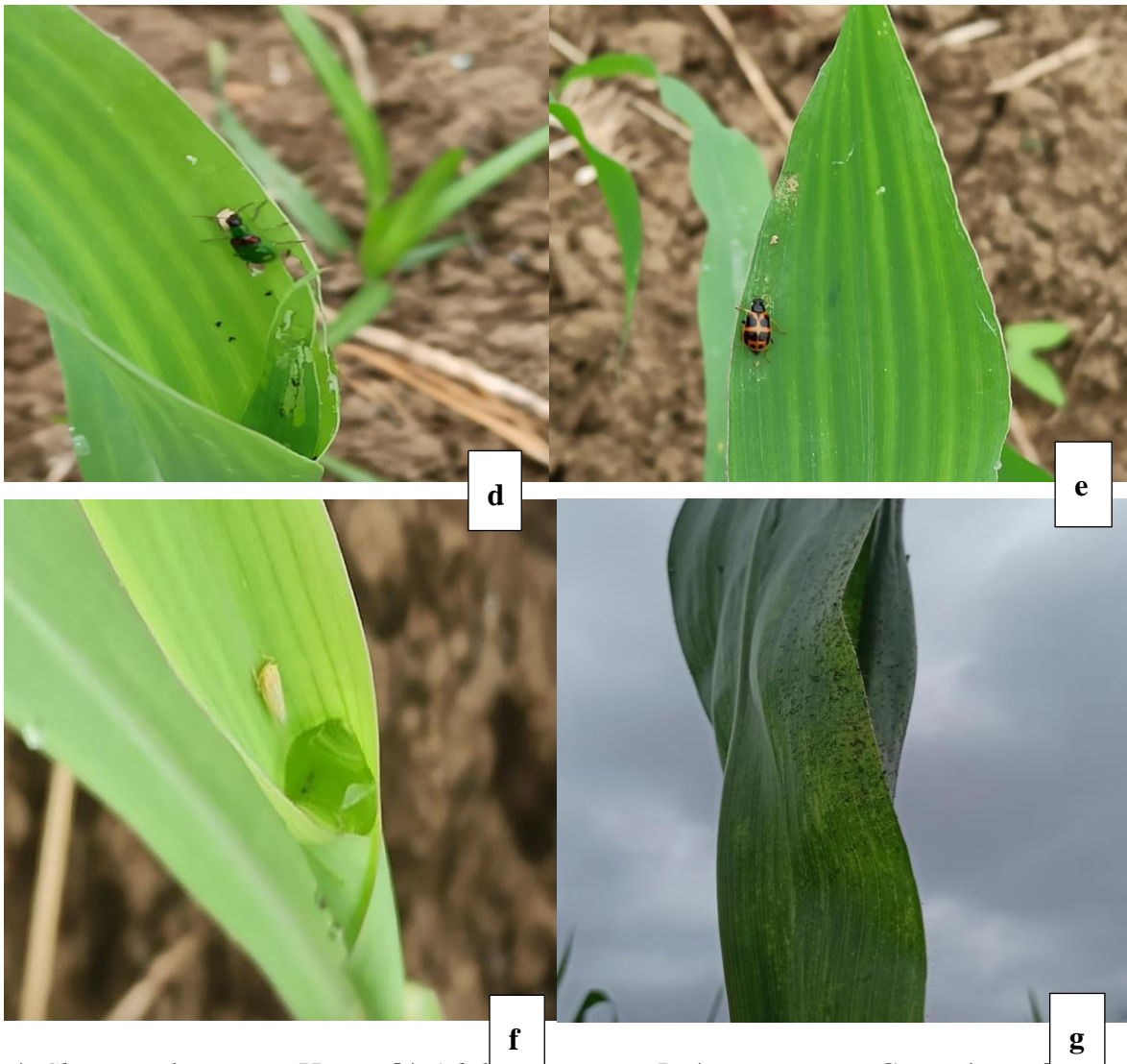
**Figura 8** Aplicación de tierra Diatomea y solaris.



### Insectos benéficos



### Insectos plaga



a) *Chrysoperla externa* Hagen, b) *Adalia bipunctata* L c) *Tasgius ater* Gravenhorst d) *Diabrotica speciosa* German e) *Omophoita cyanipennis* f) *Empoasca kraemeri* Ross y Moore g) *Rhopalosiphum maidis* Fitch.

**Figura 9** Observación de otros insectos tanto benéficos como plagas.



**Figura 10** *Etapas finales del cultivo.*