



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ
MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

CARRERA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

**INFORME DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PREVIO
A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO INGENIERA AGRÍCOLA**

MECANISMO: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TEMA:

**EFFECTIVIDAD DE LA TIERRA DE DIATOMEAS COMO
COADYUVANTE EN APLICACIONES FOLIARES DE
AGROQUÍMICOS EN MAÍZ**

AUTORA:

XIOMARA CAROLINA AGURTO VILLACIS

TUTOR:

MG. GALO CEDEÑO GARCÍA, MG.

CALCETA, OCTUBRE DE 2024

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo Xiomara Carolina Agurto con cédula de ciudadanía 235102597-4, declaro bajo juramento que el Trabajo de Integración Curricular titulado: **EFFECTIVIDAD DE LA TIERRA DE DIATOMEAS COMO COADYUVANTE EN APLICACIONES FOLIARES DE AGROQUÍMICOS EN MAÍZ** es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, concedemos a favor de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, conservando a nuestro favor todos los derechos patrimoniales de autor sobre la obra, en conformidad con el artículo 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación.

Carolina Agurto

XIOMARA CAROLINA AGURTO VILLACIS
235102597-4

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Yo Xiomara Carolina Agurto con cédula de ciudadanía 235102597-4, autorizo a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, la publicación en la biblioteca de la institución del Trabajo de Integración Curricular titulado: **EFFECTIVIDAD DE LA TIERRA DE DIATOMEAS COMO COADYUVANTE EN APLICACIONES FOLIARES DE AGROQUÍMICOS EN MAÍZ**, cuyo contenido, ideas y criterios es de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Carolina Agurto

XIOMARA CAROLINA AGURTO VILLACIS
235102597-4

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Galo Alexander Cedeño García, certifica haber tutelado el Trabajo de Integración Curricular titulado: **EFFECTIVIDAD DE LA TIERRA DE DIATOMEAS COMO COADYUVANTE EN APLICACIONES FOLIARES DE AGROQUÍMICOS EN MAÍZ**, que ha sido desarrollado por Xiomara Carolina Agurto, previo a la obtención del título de Ingeniera Agrícola, de acuerdo al **REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR DE CARRERAS DE GRADO** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

ING. GALO CEDEÑO GARCÍA M.Sc.

CC: 1311956831

TUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del Tribunal correspondiente, declaramos que hemos **APROBADO** el Trabajo de Integración Curricular titulado: **EFFECTIVIDAD DE LA TIERRA DE DIATOMEAS COMO COADYUVANTE EN APLICACIONES FOLIARES DE AGROQUÍMICOS EN MAÍZ** , que ha sido desarrollado por Xiomara Carolina Agurto , previo a la obtención del título de Ingeniera Agrícola, de acuerdo al **REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR DE CARRERAS DE GRADO** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

ING. GONZALO CONSTANTE TUBAY, M.Sc.

CC: 1304579988

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

ING. FREDDY MESÍAS GALLO, M.Sc

CC: 1202028492

MIEMBRO DE TRIBUNAL

ING. LEONARDO LEÓN CASTRO, Ph.D.

CC: 0918676768

MIEMBRO DE TRIBUNAL

AGRADECIMIENTO

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López que me otorgo la oportunidad de acceder a la educación de tercer nivel en la carrera de Agrícola, agradezco cada maestro que impartió sus conocimientos para ser un buen profesional.

A Dios, nuestro señor que ha sido el apoyo fundamental para poder logara cumplir mi meta como profesional.

A mis padres por ser un apoyo diario para nunca rendirme y terminar la carrera, a mi hijo por ser mi principal motivación para ser una gran profesional. A mis compañeros de curso que de una u otra forma hicieron el camino de la universidad más llevadero.

Al tutor, Ing. Galo Cedeño, y también a cada uno de los miembros de tribunal que me guiaron de manera responsable para finalizar el proceso de titulación.

A cada persona que de una u otra forma me apoyaron, mis familiares, mi esposo fueron parte importante de todo el proceso.

XIOMARA CAROLINA AGURTO VILLACIS

DEDICATORIA

A Dios, por ser mi fortaleza espiritual durante todo el proceso, me guio para cumplir mis metas propuestas.

A mi madre por ser mi mano amiga, ella hizo que todo fuera más fácil, le dedico esto por siempre creyó en mí. Gracias a su sacrificio yo pude culminar mi carrera. A mi hijo ya que él es mi principal motivo de conseguir el éxito. A mi papá por nunca abandonarme y ser mi sostén durante mis estudios, el me enseñó a luchar por conseguir mis metas y ser mejor ser humano.

A mis familiares y amigos que me dieron una palabra de aliento para que jamás renunciara y siguiera estudiando a pesar de los difícil que fuera.

A mí porque siempre tuve la valentía de vencer obstáculos para conseguir el título de ingeniera Agrícola.

XIOMARA CAROLINA AGURTO VILLACIS

CONTENIDO GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN	iii
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.....	v
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA	vii
CONTENIDO GENERAL.....	viii
CONTENIDO DE TABLAS	x
CONTENIDO DE FIGURAS.....	x
CONTENIDO DE FORMULAS	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACT.....	xiii
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES	
1.1. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA	1
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	3
1.3. OBJETIVOS.....	4
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	4
1.3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	4
1.4. HIPÓTESIS	4
CAPITULO II. MARCO TEORICO.....	
2.1. MAÍZ (<i>Zea mays</i> L.)	5
2.2. ORIGEN DEL CULTIVO DE MAIZ.	5
2.3. CLASIFICACIÓN TAXONOMICA.....	5
2.4. IMPORTANCIA DEL MAIZ.....	6
2.5. REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMATICOS DEL MAIZ.	7
2.6. ALGAS DIATOMEAS.....	7
2.7. TIERRAS DIATOMEAS.....	8
2.8. IMPORTANCIA DE LAS TIERRA DIATOMEAS EN LA AGRICULTURA.	8
2.9. TIERRAS DIATOMEAS COMO INSECTICIDA	9
CAPITULO III DESARROLLO METODOLÓGICO.....	
3.1. UBICACIÓN.....	10
3.1.1. CARACTERÍSTIICAS CLIMATLÓGICAS.....	10

3.2. DURACIÓN.....	10
3.3. MÉTODOS Y TECNICAS	10
3.4. FACTORES EN ESTUDIO.....	10
3.5. TRATAMIENTOS.....	11
3.6. DELINEAMIENTO EXPERIMENTAL.....	11
3.6.1. DISEÑO Y UNIDAD EXPERIMENTAL.....	11
3.7. VARIABLES RESPUESTAS Y MÉTODOS DE EVALUACIÓN	11
3.7.1. MORFO-AGRONÓMICAS	11
3.7.2. VARIABLES DE RENDIMIENTO	12
3.7.3. SEVERIDAD DE MANCHAS FOLIARES (%)	13
3.7.4. INTENSIDAD DE DAÑO DEL GUSANO COGOLLERO	13
3.8. MANEJO DEL EXPERIMENTO	16
3.8.1. MANEJO FITOSANITARIO.....	16
3.8.2. CONTROL DE MALEZAS.....	17
3.8.3. FERTILIZACIÓN EDÁFICA Y FOLIAR	17
3.9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	17
CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	
4.1. MEDICIÓN DEL EFECTO DE LA TIERRA DIATOMEAS COMO COADYUVANTE DE APLICACIONES FOLIARES DE AGROQUIMICOS EN MAIZ.....	18
4.1.1. PROPIEDADES MORFOLÓGICAS.....	18
4.2. COMPARACIÓN DE LA EFICACIA DE LA TIERRA DIATOMEA COMO COADYUVANTE EN RELACIÓN A COADYUVANTES CONVENCIONALES.	19
4.2.1. RENDIMIENTO.....	19
4.3. DETERMINACIÓN DE TIERRAS DE DIATOMEA EN LA POTENCIALIZACIÓN DEL RENDIMIENTO Y LA SANIDAD DEL MAIZ.....	20
4.3.1. SANIDAD Y RENDIMIENTO.....	20
CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	
5.1. CONCUSIONES	24
5.2. RECOMENDACIONES	24
BIBLIOGRAFÍA.....	
ANEXOS.....	

CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 2.1. Taxonomía del Maíz.....	6
Tabla 3.1. Datos climáticos.....	10
Tabla 3.2. Tratamientos.....	11
Tabla 3.3. Esquema ANOVA.....	11
Tabla 3.4. Dosis de fertilización.....	17
Tabla 4.1. Efecto de tratamientos coadyuvantes foliares en el crecimiento del maíz.....	18
Tabla 4.2. Efecto de tratamientos coadyuvantes foliares en los componentes de rendimiento del maíz.....	20

CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 3.1. Escala de 1 a 5 (CIMMYT) empleada para evaluar la presencia de enfermedades foliares en maíz.....	13
Figura 3.2. (A) Escala de daño del gusano cogollero.....	14
Figura 3.3. (B) Escala de daño del gusano cogollero.....	15
Figura 4.1. Efecto de tratamientos coadyuvantes foliares en el rendimiento de granos de maíz. Letras diferentes entre barras denotan diferencias estadísticas según prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) \pm Error estándar. T ₁ = Agroquímicos con tierra de diatomeas; T ₂ = Agroquímicos con coadyuvantes convencional; T ₃ = Agroquímicos con agua; T ₄ = Tierra de diatomea; T ₅ = Control (Sin aplicaciones).	21
Figura 4.2. Severidad de daño de gusanos cogollero en función de tratamientos coadyuvantes foliares en maíz. Letras diferentes entre barras denotan diferencias estadísticas según prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) \pm Error, estándar. T ₁ = Agroquímicos con tierra de diatomeas; T ₂ = Agroquímicos con coadyuvantes convencional; T ₃ = Agroquímicos con agua; T ₄ = Tierra de diatomea; T ₅ = Control (Sin aplicaciones).	22
Figura 4.3. Severidad de manchas foliares en función de tratamientos coadyuvantes foliares en maíz. Letras diferentes entre barras denotan diferencias estadísticas según prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) \pm Error estándar. T ₁ = Agroquímicos con tierra de diatomeas; T ₂ = Agroquímicos con coadyuvantes convencional; T ₃ = Agroquímicos con agua; T ₄ = Tierra de diatomea; T ₅ = Control (Sin aplicaciones).	23

CONTENIDO DE FORMULAS

Formula 3.1. Para uniformizar el peso	12
Formula 3.2. Rendimiento de grano (kg/ha^{-1})	13
Formula 3.2. Intensidad de daño del gusano cogollero	13

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue evaluar la efectividad de la tierra de diatomeas como coadyuvante en aplicaciones foliares de agroquímicos en maíz. Los tratamientos evaluados fueron T1 (Aplicación foliar de agroquímicos con tierra de diatomeas), T2 (Aplicación foliar de agroquímicos con coadyuvante convencional), T3 (Aplicación foliar de agroquímicos con agua), T4 (Aplicación foliar de tierra de diatomeas) y T5 (tratamiento control). Las principales variables registradas fueron rendimiento de grano (kg ha^{-1}), intensidad de daño de gusano cogollero (%) y severidad de manchas foliares (%). Los tratamientos evaluados influyeron significativamente el rendimiento de grano, el daño de gusano cogollero y la severidad de machas foliares, donde el tratamiento T1 logro el mayor rendimiento, menor daño y severidad por gusano cogollero y machas foliares, respectivamente, aunque fue estadísticamente similar a los tratamientos T2 y T3. El tratamiento T4 no igualo el efecto de los tratamientos T1, T2 y T3, peor fue más eficaz que el T5 que mostró mayor daño por gusano cogollero y machas foliares. Los resultados evidencian que la tierra de diatomea puede reemplazar el uso de coadyuvantes convencionales para potenciar el efecto de los agroquímicos foliares, con el beneficio adicional de promover mayor sanidad y rendimiento en maíz amarillo duro.

Palabras clave: *Zea mays*, Nanomateriales de sílice, Coadyuvante, Fitosanidad, Productividad

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effectiveness of diatomaceous earth as an adjuvant in foliar applications of agrochemicals in maize. The treatments evaluated were T1 (Foliar application of agrochemicals with diatomaceous earth), T2 (Foliar application of agrochemicals with a conventional adjuvant), T3 (Foliar application of agrochemicals with water), T4 (Foliar application of diatomaceous earth), and T5 (control treatment). The main variables recorded were grain yield (kg ha⁻¹), fall armyworm damage intensity (%), and foliar spot severity (%). The evaluated treatments significantly influenced grain yield, fall armyworm damage, and foliar spot severity, with treatment T1 achieving the highest yield, and the lowest damage and severity from fall armyworm and foliar spots, respectively, although it was statistically similar to treatments T2 and T3. Treatment T4 did not match the effect of treatments T1, T2, and T3, but was more effective than T5, which showed greater fall armyworm damage and foliar spots. The results indicate that diatomaceous earth can replace conventional adjuvants to enhance the effect of foliar agrochemicals, with the added benefit of promoting greater health and yield in hard yellow maize.

Keywords: *Zea mays*, Silica nanomaterials, Adjuvant, Phytosanitary, Productivity

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

1.1. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA

La producción mundial de maíz ha tenido un incremento en las últimas décadas, impulsada por el aumento de la demanda y una combinación de diferentes avances tecnológicos, aumentos en el rendimiento y expansión del área. El maíz es el cereal líder en términos de volumen de producción y está destinado a convertirse en el rubro agrícola más cultivado y comercializado en la próxima década. (Erenstein et al., 2022).

El cultivo de maíz amarillo duro en Manabí se realiza en dos épocas del año; en la época lluviosa se cultiva cerca del 86 % de la producción anual; mientras que, en la época seca se produce el restante 14 % de la producción. (Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAG], 2020).

La principal problemática del maíz a nivel nacional es la baja productividad, la cual se relaciona con varios factores negativos como la quema de rastrojos previo a la siembra que perjudica la fertilidad del suelo y la retención de humedad, el uso de semilla tradicional, inadecuada fertilización del cultivo y el riego que muchas veces solo se lo realiza de manera natural, es decir por las lluvias que se dan por las condiciones climáticas de la temporada invernal. dado que más del 80% del maíz se cultiva en seco, donde las lluvias erráticas perjudican significativamente la productividad del cultivo, debido a que el periodo de déficit hídrico limita la solubilización de los fertilizantes y por ende la nutrición del cultivo. (Pérez et al., 2018; Zambrano et al., 2018; Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC], 2022).

La nutrición foliar puede complementar a la fertilización edáfica, especialmente con micronutrientes, que por lo general su absorción a través de las raíces es restringida por varios factores limitantes del suelo, más aún en sistemas de seco, donde la baja humedad del suelo limita la absorción eficiente de nutrientes (Subhani et al., 2012; Shiferaw, 2017; Niu et al., 2020)

Otro aspecto que reduce la productividad del cultivo es la alta incidencia de plagas y enfermedades, que pueden causar hasta un 21% de las pérdidas del cultivo (MAG, 2020). Tomando en cuenta que el estrés hídrico y nutricional,

incrementa la presión de insectos plaga vector de virus, y de patógenos que al atacar una planta la debilita y ocasiona una nutrición limitada, reduce el potencial productivo del cultivo (Grimmer et al., 2012; Van Munster et al., 2017; Van Munster, 2020).

La tierra de diatomeas es para potenciar la salud de las plantas debido a que su nana estructura porosa provee efecto fungistático y puede afectar las estructuras de patógenos por desecación (Constantinescu et al., 2020).

La aplicación foliar de tierra de diatomeas forma una película en el tejido foliar, que contribuye a reducir la temperatura foliar, aumenta el uso eficiente del agua, mejora la absorción de fertilizantes y agroquímicos por la hoja, y que el rendimiento aumenta hasta un 8,1 % con la utilización de tierra de diatomeas con fertilizantes foliares y demás agroquímicos (Constantinescu et al., 2020; Moale et al., 2021).

A nivel de Manabí no existe información relacionada al uso de tierra de diatomeas como coadyuvante en aplicaciones foliares para maíz, razón por la cual se plantea la siguiente pregunta de investigación

¿La tierra de diatomeas promoverá un mayor desempeño en las aplicaciones foliar de agroquímicos en maíz?

1.2. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad existe mayor importancia dentro de la producción de alimentos, es necesario satisfacer la creciente demanda de los mismos, fomentar una agricultura sostenible, la producción en secano es un reto importante dentro de las comunidades, como principal cultivo está el maíz. Existen Productores de maíz en sistemas de secano dentro de Manabí y gran parte del mundo, que obtienen escasos recursos económicos al día, esto se da por emplear poca tecnología que logren mejorar la efectividad de los agroquímicos y aumentar la productividad del maíz.

El potencial de los agroquímicos en maíz de secano (pesticidas y fertilizantes) puede ser mejorado con el uso de coadyuvantes o nanas partículas como la tierra de diatomeas, cabe mencionar que a nivel de investigación se han realizado pocos proyectos que potencialicen el uso de tierras diatomeas, sin embargo, se espera que la interacción de TDD con agroquímicos aporten de manera directa a la producción de maíz. Por tales razones, la propuesta de investigación se centra en resaltar los desafíos agronómicos del maíz de secano y ofrecer soluciones innovadoras y de bajo costo para intensificar la producción mientras se mejoran los medios de vida locales.

Sembralia (2020) menciona que la aplicación de tierras diatomeas es una tecnología que propone mejorar la producción del maíz, la funcionalidad de las diatomeas dentro de los cultivos no es química sino física, esto es lo que la hace especial ya que no se considera toxica ni dañina y tiene resultados garantizados, las diferencia entre otros químicos es notable. Así mismo, los autores (Marrero et al., 2020) mencionan que al aplicar tierras diatomeas dentro de los cultivos es una gran alternativa que tiene beneficios a corto plazo y de bajos costos, sin embargo, existen dentro del Ecuador investigaciones relacionadas al uso de esta tecnología.

Con esta investigación se vincula con los objetivos de desarrollo sostenible de la agenda 2030, con su objetivo número ocho (trabajo decente y crecimiento económico), puesta que, al incrementar la productividad de un cultivo, se garantiza la seguridad alimentaria y se aumentan los ingresos económicos de una familia dedicada a la agricultura.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la efectividad de la tierra de diatomeas como coadyuvante en aplicaciones foliares de agroquímicos en maíz.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Medir el efecto de la tierra diatomeas como coadyuvante de aplicaciones foliares de agroquímicos en maíz.
- Comparar la eficacia de la tierra de diatomeas como coadyuvante en relación a coadyuvantes convencionales
- Determinar si la tierra de diatomeas potencia el rendimiento y la sanidad del maíz

1.4. HIPÓTESIS

La tierra diatomeas incrementa la efectividad de aplicaciones foliares, el rendimiento y la rentabilidad del maíz.

CAPITULO II. MARCO TEORICO

2.1. MAÍZ (*Zea mays* L.)

El maíz es el único cereal nativo del hemisferio occidental. Originario de México, se extendió al norte hasta Canadá y al sur hasta Argentina, posteriormente tras el descubrimiento de América se difundió hacia Europa, Asia y África. A nivel mundial representa el 5,4 % del total de fuentes alimenticias de la población humana (González, 1995; citado por Badillo,2016).

Estrada (2020) menciona que el maíz (*Zea mays* L.) es una poácea de rápido crecimiento, se lo siembra en costa y sierra, actualmente tiene gran importancia en la dieta de la población rural y urbana, además es un ingrediente principal en la nutrición animal, también se lo usa como insumo para la obtención de biocombustible es uno de los productos más cotizados en nuestro país y a nivel mundial.

2.2. ORIGEN DEL CULTIVO DE MAIZ.

Acosta (2009) menciona que el maíz se originó en una parte restringida de México y los tipos más desarrollados emigraron posteriormente hacia otros sitios de América. 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. El maíz (*Zea mays* L.) pertenece a la familia de las gramíneas, tribu maideas, y se cree que se originó en los trópicos de América Latina, especialmente los géneros *Zea*, *Tripsacum* y *Euchlaena*, cuya importancia reside en su relación fitogenética con el género *Zea* (Deras, 2020).

2.3. CLASIFICACIÓN TAXONOMICA

Ríos (2021) menciona que el maíz (*Zea mays* L.) corresponde a la familia de las Poáceas (Gramíneas), tribu Maydeas. Algunas especies conocidas del género *Zea*, frecuentemente llamadas teocintle y otras del género *Tripsacum*, catalogadas como arrocillo o maicillo, son individuos salvajes, parientes de *Zea mays*. denominada especie del nuevo mundo debido a que su centro de origen es América.

Si bien es cierto el maíz es originario de América, este es considerado un cereal de mayor importancia para la cadena alimenticia a nivel mundial, tiene importancia económica y capacidad de adaptabilidad a diferentes climas y suelos.

Tabla 2.1. Taxonomía del Maíz.

Reino	Vegetal
Subreino	Embriobionta
División	Magnoliophyta (Angiospermae)
Clase	Liliopsida (Monocothyledoneae)
Orden	Cyperales
Familia	Poaceae
Genero	<i>Zea</i>
Especie	<i>Zea mays</i> .

Fuente: Quevedo (2019)

2.4. IMPORTANCIA DEL MAÍZ.

Las especies más cultivadas en todo el mundo son trigo, arroz y maíz en ese orden, sin embargo, el maíz está en primer lugar en relación a la extensión de cultivo y el volumen de cosecha. En los últimos cincuenta años su cultivo se ha expandido notablemente a la par con el incremento poblacional y la demanda de alimentos, “más de seiscientos millones de toneladas métricas se producen en ciento cincuenta millones de hectáreas y nuestro continente es el de mayor producción (Valverde, 2015).

A nivel nacional la producción de maíz se fracciona en aquellas que se generan de manera tecnificada por parte de los grandes productores (agricultura convencional) y de forma manual, conformada por los pequeños productores (agricultura tradicional), los cuales han alcanzado un rendimiento promedio de 7,1 y 4,8 t ha⁻¹.

según (Monteros y Salvador (2014) citado por Guamán et al. (2020) el maíz es un cultivo de suma importancia en el Ecuador debido al significativo rol que cumple en seguridad alimentaria de la población. El maíz amarillo duro, destinado en un 80% a la producción de alimento. Su producción y rendimiento

ha tenido un crecimiento sostenido en los últimos 20 años, lo cual se debe al uso de semilla certificada (híbrida) y a las tecnologías de manejo que las compañías privadas, el Ministerio de Agricultura y Ganadería y el INIAP. El desarrollo de variedades se complementa con la investigación y desarrollo de biofertilizantes que optimicen el uso de la fertilización química, a partir de técnicas convencionales y mediante el uso de isótopos (Zambrano et al., 2019).

2.5. REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMATICOS DEL MAIZ.

Obando (2019) describe de la siguiente manera los requerimientos del cultivo maíz para obtener un mejor desarrollo.

Clima: Para la germinación y desarrollo la temperatura requerida es de 15°C, además de luz solar durante todo el ciclo de cultivo. Existen genotipos que permiten cultivar la especie desde el nivel del mar hasta altitudes superiores a 3.000 ms.n.m,

Suelo: El maíz es uno de los cultivos que se adapta a una amplia variedad de suelos, los suelos más idóneos son los de textura media (francos), fértiles, bien drenados, profundos, con elevada capacidad de retención para el agua y con pH entre 5.5 y 7.8.

Agua: Los riegos varían a lo largo del cultivo, cuando las plantas comienzan a nacer se requiere menos cantidad de agua, con una humedad constante. Durante el crecimiento de la planta se debe regar constantemente, después de la floración disminuir la cantidad de agua para el engrosamiento y maduración de la mazorca.

2.6. ALGAS DIATOMEAS

De manera general la diatomea se consideran organismos unicelulares, eucariotas, autótrofos, esta conformados por una pared celular (Pérez et al., 2015, citado por Roca, 2020) además indica este autor que son cosmopolitas, versátiles y se acoplan a diferentes hábitats. De igual forma, Pérez, (2019) menciona que las diatomeas como tal son unas algas de nutrición autotrófica fotosintetizadoras, pertenecen al reino protista (Eucariota) semejantes a plantas.

2.7. TIERRAS DIATOMEAS

Portal frutícola (2019) menciona que las tierras diatomeas son específicamente asentamientos fosilizados de Diatomitas, está compuesta de algas, son exoesqueleto silíceo, mediante la asimilación se transforma en silicio orgánico. Su estructura es amorfa, las uniones de estas algas se encuentran en forma de tierra, son de color blancas por esta razón son también conocidas como tierras blancas. Muñoz et al., (2019) manifiesta que la tierra diatomea es un material compuesto por algas fosilizadas de algas de mar y de aguas dulces, se secan y se mineralizan, es por esta razón que se forman las rocas silíceas, se encuentran a poca profundidad.

El mismo autor estipula que la aplicación de estas tierras en aspectos agrícolas ha adquirido mayor importancia económica. Su composición a base de silicio la hace importante ya que es uno de los elementos abundantes en la tierra y al ser considerado esencial para el desarrollo vegetativo, su uso en el área agronómica ha adquirido mayor interés.

La TD está formada en su mayor parte (86%) por sílice amorfa y por numerosos minerales entre macro elementos (Ca, P, Na, K, Mg) y micro elementos vestigiales, estos últimos agrupados como esenciales (Co, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Zn), contaminantes (Al, Ba, Sr, Ti) y tóxicos (As, Pb, Cd, Hg, Cr, Sn). Sin embargo, no todas las tierras son iguales, sino que varían en su composición mineral según sea la cantera de la cual provengan (Cuetos 2017).

2.8. IMPORTANCIA DE LAS TIERRA DIATOMEAS EN LA AGRICULTURA.

Sotomayor (2020) estipula que en la actualidad la tierra diatomea tiene mayor importancia dentro de la agricultura, se emplean como insecticida y fertilizantes, ocupa un gran espacio dentro de nuevas tecnologías del campo agrícola. Gracias a la versatilidad que tienen las tierras diatomeas proporcionan cuidados a las plantas, protege su parte vegetativa y sus frutos. Tiene un alto impacto en la agricultura ecológica ya que es 100% natural. Sánchez (2020) manifiesta que al emplear el uso de tierras diatomeas como fertilizantes ecológicos se le brinda

a un cultivo una mejor nutrición, entre los nutrientes brindados están calcio, silicio entre otros, dentro de los suelos brinda mayor aireación y la retención del agua.

Meza (2017) determina que dentro de la agricultura ecológica el uso de la tierra diatomea cumple un doble rol que son sanitarias y brindar nutrientes, claramente funcionan como insecticida. Por su composición brinda minerales (oligoelementos), estas sustancias cumplen un papel importante en los procesos metabólicos de los tejidos, en suelos que han perdido su riqueza nutricional el uso de tierras diatomeas sería opcional para mejorar sus condiciones.

Debido a la forma de los insectos, el no tener sangre, ni esqueletos pues suelen ser difícil de combatir. Dentro de su sistema tienen sustancias de fluidos distintas a otros seres, al perder al menos un 10% de esos fluidos rápidamente ocasiona su muerte, causa la deshidratación del insecto, es aquí donde la tierra diatomea toma protagonismo ya que ocasiona esa pérdida de fluidos en los insectos al entrar en contacto con ellos. La diatomea elimina el efecto de ese revestimiento ceroso acelerando el proceso de deshidratación lo que provoca la muerte (Galarza, 2016).

2.9. TIERRAS DIATOMEAS COMO INSECTICIDA

Este polvo se adhiere a la piel de las cochinillas y también de los pulgones y, gracias a esa capacidad de absorción de la sílice, los va deshidratando, de tal manera que se mueren de una forma natural. Hay que tener en cuenta que, utilizar productos fitosanitarios convencionales en cactus puede ser perjudicial para estas plantas, por lo que recurrir a este método ecológico es la elección más acertada (Ecotierrad, sf).

Este potente agente insecticida de carácter mecánico es sumamente eficiente en la lucha contra insectos indeseables en los cultivos y en las plantas de jardín. Por lo general, se hace uso de productos especializados para atacar las plagas, por ejemplo, un producto determinado para los piojos y otro para las hormigas, pero en el caso de la diatomita esta se puede usar para aplicar una sola línea de acción que ataque distintos frentes. Esto resulta bastante positivo desde diferentes aspectos como los costes, la inversión de tiempo y los riesgos a la salud y el ecosistema (Portal Frutícola, 2019).

CAPITULO III DESARROLLO METODOLÓGICO

3.1. UBICACIÓN

La investigación se realizó en el área de la carrera de la Ingeniería Agrícola de la Escuela Superior Politécnica de Manabí “Manuel Félix López” ubicada en el sitio El Limón, cantón Bolívar de la provincia de Manabí, situada geográficamente a 00°49’23” latitud Sur y 80°11’01” de latitud oeste, a una altitud de 15 msnm.

3.1.1. CARACTERÍSTICAS CLIMATOLÓGICAS.

Tabla 3.1. Datos climáticos

Precipitación anual	787.2mm
Temperatura máxim	28.8°C
Temperatura mínima	18.4°C
Humedad relativa	80.9%
Heliofanía	823.7 h/sol/año

Fuente: Estación meteorológica de la ESPAM MFL (2022)

3.2. DURACIÓN

Esta investigación tuvo una duración en campo de 6 meses. Se dio en los meses de enero hasta Julio del 2023.

3.3. MÉTODOS Y TECNICAS

Se empleó el método de observación, experimentación, comparación y análisis.

3.4. FACTORES EN ESTUDIO.

- a) Fungicida (Topgun) (Azoxystrobin + tridemorph)
- b) combinado como tierra diatomeas.

3.5. TRATAMIENTOS

Tabla 3.2. Tratamientos

Tratamientos	Descripción
T1	Aplicación foliar de topgun (Azoxystrobin + tridemorph) con tierra de diatomeas.
T2	Aplicación foliar de topgun (Azoxystrobin + tridemorph) con coadyuvante convencional.
T3	Aplicación foliar de topgun (Azoxystrobin + tridemorph) con agua
T4	Aplicación foliar de tierra de diatomeas
T5	Control (sin aplicaciones foliares)

3.6. DELINIAMIENTO EXPERIMENTAL

3.6.1. DISEÑO Y UNIDAD EXPERIMENTAL

El experimento se desarrolló bajo un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con cinco tratamientos, cuatro replicas y 20 unidades experimentales. La unidad experimental se conformó de parcelas de 24 m². A continuación se describe el esquema del análisis de varianza (ANOVA).

Tabla 3.3. Esquema ANOVA

Fuente de variación	Grados de libertad
Tratamientos	4
Bloques	3
Error	12
Total	19

3.7. VARIABLES RESPUESTAS Y MÉTODOS DE EVALUACIÓN

3.7.1. MORFO-AGRONÓMICAS

- **Altura de planta (cm):** la altura de planta se midió desde la base hasta la hoja bandera, este valor se registró en centímetros después de la floración femenina.
- **Diámetro de tallo (cm):** se registró después de la floración femenina en la base del tallo en cm., cuando la planta alcanzó su máximo crecimiento;

para esto se colocó la planta en estufa a 70°C hasta que se obtuvo un peso constante.

- **Peso seco de raíces (g):** se determinó al momento de la madurez fisiológica cuando la planta alcanzo su máximo crecimiento; para esto se separaron las raíces de la planta y se colocaron en estufa a 70°C hasta que alcanzo el peso constante.
- **Área foliar (m²):** se evaluó después de la floración femenina para lo cual se registró la longitud y ancho de cada hoja y se multiplico por el factor 0.75, luego se sumaron las áreas de cada hoja.

3.7.2. VARIABLES DE RENDIMIENTO

- **Longitud de mazorca sin brácteas (cm):** se realizó al momento de la cosecha para lo cual se tomaron cinco mazorcas al alzar de cada unidad experimental y se registró la longitud en cm., desde la base hasta el ápice de la mazorca.
- **Diámetro de mazorca sin bráctea (cm):** Para esta variable se empleó el uso de una calibradora, se tomó el dato de la parte media de la mazorca
- **Peso de granos/mazorca (g):** Este dato se registró durante la cosecha, se tomaron cinco mazorcas al alzar de cada unidad experimental y se tomó el peso de granos de cada mazorca.
- **Peso de 1000 granos (g):** Se determinó al momento de la cosecha para lo cual se tomaron cinco mazorcas al alzar de cada unidad experimental y se obtuvo el peso de 1000 granos.
- **Rendimiento de grano (kg/ha⁻¹):** Se estableció con el peso de los granos provenientes de cada parcela útil, ajustada 13% de humedad y transformados a kg ha⁻¹. Para uniformizar el peso se empleó la siguiente formula:

Formula 3.1. Para uniformizar el peso

$$PU(13\%) = \frac{Pa (100 - Ha)}{100 - Hd}$$

Donde:

PU = Peso uniformizado (kg)

Pa = Peso actual (kg)

Ha = Humedad actual (%)

Hd = Humedad deseada (13%)

Para expresar el rendimiento en kg ha^{-1} se utilizó la formula siguiente:

Formula 3.2. Rendimiento de grano (kg/ha^{-1})

$$\text{Rend (kg ha}^{-1}\text{)} = \frac{\text{PU (10000 m}^2\text{)}}{\text{Área parcela útil (m}^2\text{)}}$$

3.7.3. SEVERIDAD DE MANCHAS FOLIARES (%)

Los principales patógenos de manchas foliares (*Helminthosporium*, *Curvularia*, *Cercospora* y roya) que afectan al maíz, se evaluaron de acuerdo a la siguiente escala establecida por el CIMMYT (figura1):

Donde:

1. Ausencia de la enfermedad
2. Infección leve (20%)
3. Infección ligera (40%)
4. Infección severa (80%)
5. Infección muy severa (100%)

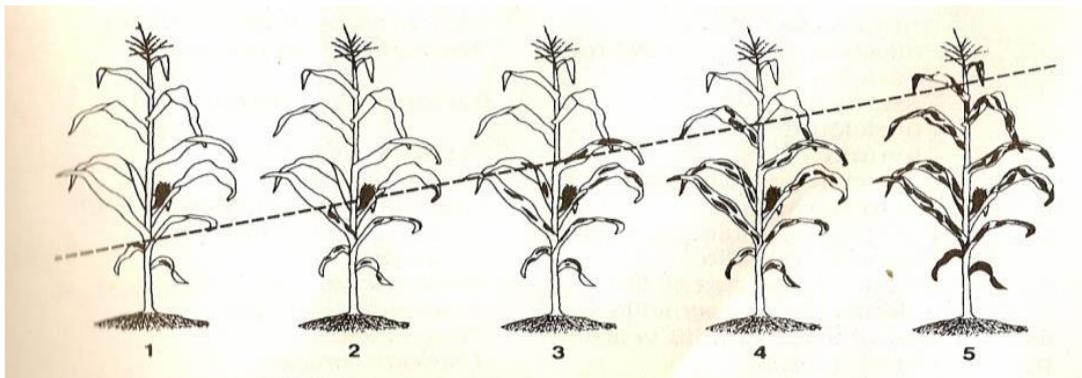


Figura 3.1. Escala de 1 a 5 (CIMMYT) empleada para evaluar la presencia de enfermedades foliares en maíz.

3.7.4. INTENSIDAD DE DAÑO DEL GUSANO COGOLLERO

La intensidad de daño se llevó a cabo evaluando cualquier daño a las plantas atacadas por gusano cogollero en una escala del 1 al 9

Formula 3.2. Intensidad de daño del gusano cogollero

$$ID (\%) = \frac{\sum(n \times v)}{N \times Z} \times 100$$

Donde:

ID = Intensidad de daño

Z = puntuación más alta de la escala de daño

N = número de plantas observadas

n = número de plantas que tienen un valor "v" (daño del cultivo)

v = el valor (puntaje) del daño al cultivo basado en los criterios de la Figura 2A y 2B

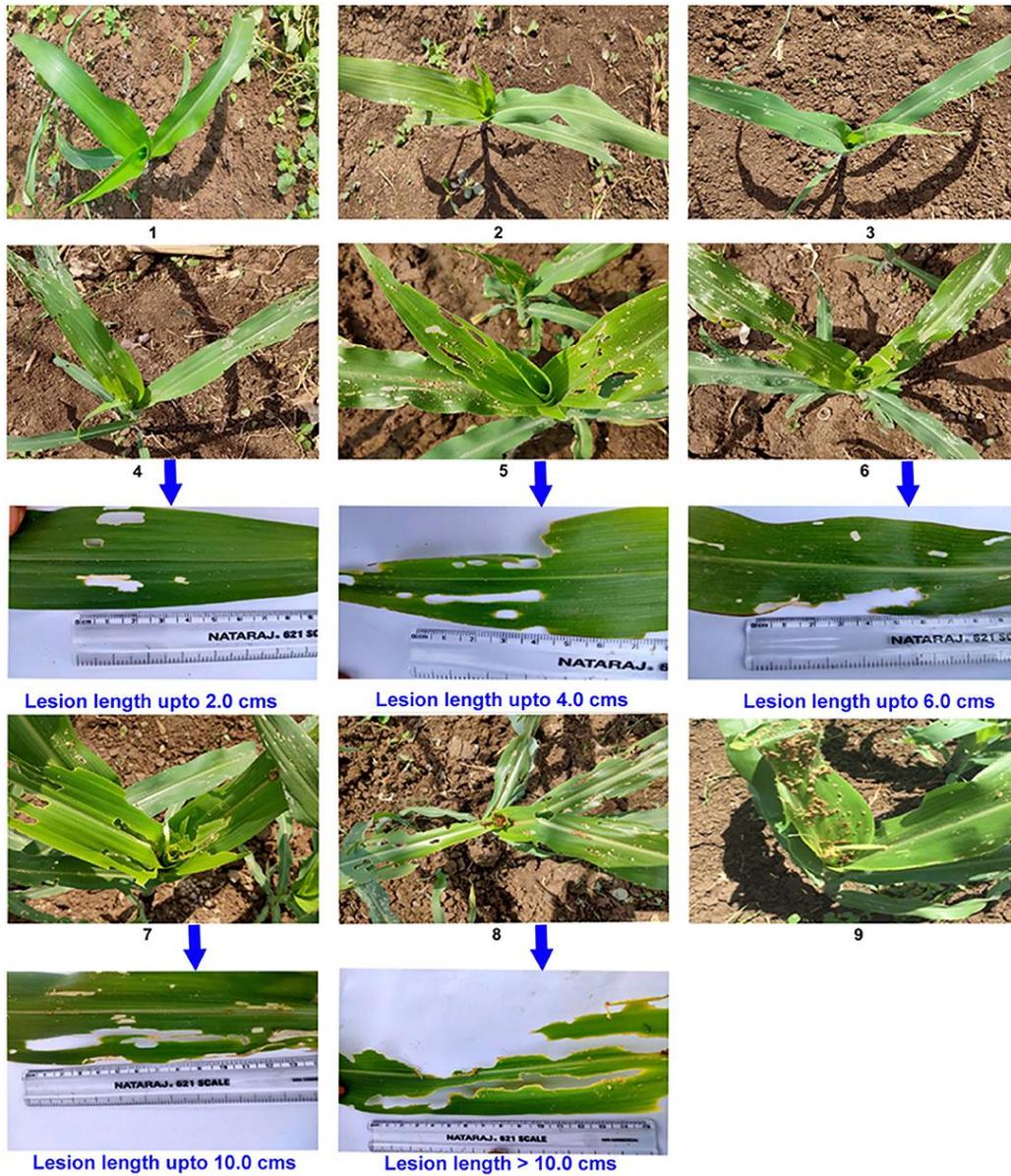


Figura 3.2. (A) Escala de daño del gusano cogollero

Fuente: Soujanya et al. (2022).

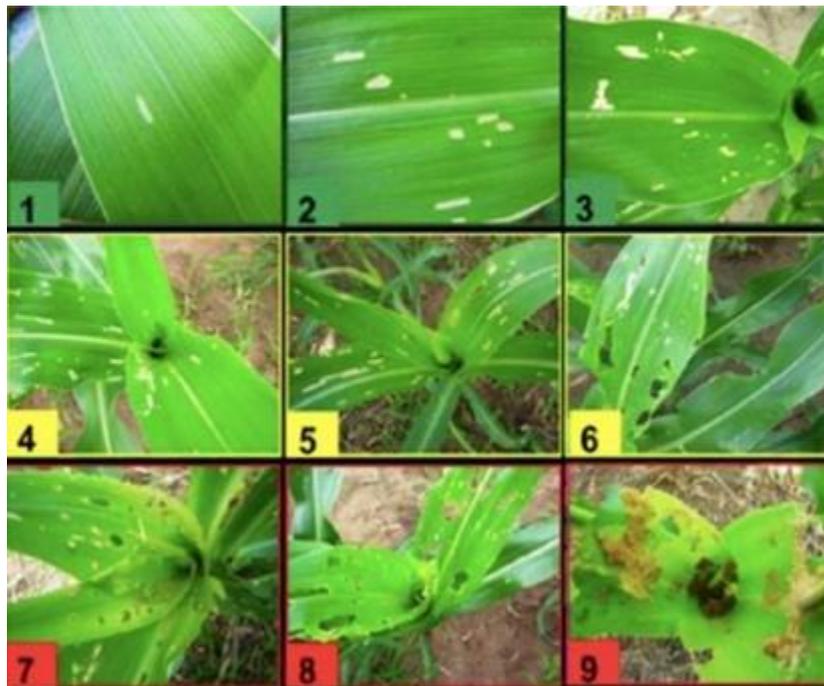


Figura 3.3. (B) Escala de daño del gusano cogollero

Fuente: Supartha et al. (2021)

Descripción de la escala de daño

- **Grado 1** = Sin daño o menos de 4 lesiones tamaño cabeza de alfiler
- **Grado 2** = Pocos agujeros cortos/del tamaño de un alfiler/raspaduras en algunas hojas (1–2)
- **Grado 3** = Agujeros cortos/del tamaño de un alfiler/raspaduras en varias hojas (3–4)
- **Grado 4** = Agujeros cortos/del tamaño de un alfiler/raspaduras en varias hojas (5–6) y algunas lesiones grandes y alargadas (1–3 hojas) de hasta 2,0 cm de longitud presentes en verticilos u hojas adyacentes completamente abiertas
- **Grado 5** = Varios agujeros con lesiones alargadas (4–5 hojas) de hasta 4,0 cm de longitud y agujeros de forma uniforme/irregulares presentes en verticilos y/o hojas adyacentes completamente abiertas
- **Grado 6** = Varias hojas con lesiones alargadas (6–7 hojas) de hasta 6,0 cm de longitud y agujeros de forma uniforme/irregulares presentes en verticilos y hojas adyacentes completamente abiertas

- **Grado 7** = Varias lesiones largas (>7 hojas) de hasta 10 cm de longitud y agujeros de forma uniforme/irregular comunes en la mitad de las hojas presentes en verticilos y hojas adyacentes completamente abiertas
- **Grado 8** = Varias lesiones >10 cm de largo y agujeros de forma uniforme/irregular comunes en la mitad a dos tercios de las hojas presentes en verticilos y hojas adyacentes completamente abiertas
- **Grado 9** = Defoliación completa del verticilo de la planta
- La evaluación de machas foliares y virosis se realizarán en las etapas fenológicas V6, V12, VT (Espigado) y R6 (Madurez fisiológica).
- Las evaluaciones de gusano cogollero se realizarán en las etapas fenológicas V4, V8, V12 y V16.

3.8. MANEJO DEL EXPERIMENTO

3.8.1. MANEJO FITOSANITARIO

- Previo a la siembra, la semilla se trató con Semeprid (imidacloprid + thiodicarb), en dosis de 25 mL/kg de semilla, para así controlar plagas de gusanos cortadores y minadores.
- A los 10 días después de la siembra (dds), se aplicó Actara (thiametoxam), en dosis de 1 mL/L agua, se empleó para su respectiva aplicación un en “drench”
- En base a los monitoreos de las poblaciones de insectos vectores (cicadelidos, pulgones, trips y crisomélidos), se controló aplicando Regent (fipronil), en dosis de 0,7 mL/L agua, a partir de los 17 dds, la segunda aplicación se dio a los 25 días. También se empleó Engeo (lambda cihalotrina + thiametoxam), en dosis de 1 mL/L agua, cuando se observó umbrales económicos de un 45% por gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*).
- Finalmente, se aplicó cebo tóxico (arena+ clorpirifos) esto se dio entre los 40-45 dds, para el manejo de gusano cogollero, utilizando una dosis de 150 mL/40 kg de arena
- Se realizaron dos aplicaciones de fungicidas a los 20 y 40 días después de la siembra, con el producto Topgun (Azoxystrobin + Tridemorph) en dosis de 0,4Lha⁻¹ + tierra diatomeas (tratamientos).

3.8.2. CONTROL DE MALEZAS

Se aplicó la mezcla de los herbicidas Terbutrina + Pendimetalin en dosis de 1.5 + 3 litros ha⁻¹, respectivamente. Al momento de la siembra, se incluyó a la mezcla anteriormente descrita 1.5 litros de glifosato. Al observar presencia de hoja ancha o coquito, se aplicó Bentazon + MCPA en dosis de 1.5 litros ha⁻¹ de cada uno. Para el control de malezas gramíneas, se utilizó el herbicida Nicosulfuron (ACCENT) en dosis de 20 a 30 g ha⁻¹, adicionando 200 a 300 mL de un surfactante. El control de malezas se llevó a cabo desde la semana 4 a 6 posterior a la siembra.

3.8.3. FERTILIZACIÓN EDÁFICA Y FOLIAR

La fertilización se realizó en base a la demanda nutricional del cultivo. A continuación, se presenta la dosis de fertilización en base a experimentos realizados previamente.

Tabla 3.4. Dosis de fertilización

Nutriente	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	S
Dosis de fertilización (kg ha ⁻¹)	150	30	70	15	30

Los fertilizantes utilizados fueron: urea (46% de N), DAP (18 N y 46% P₂O₅), muriato de potasio (60% K₂O), sulfato de amonio (21% N y 24% S) y sulfato de Mg (25% MgO y 20% S). La urea se aplicó en tres fracciones y proporciones, según lo recomendado por García y Espinoza (2009) para fuentes nitrogenadas, donde la primera se realizó en etapa fenológica VE (emergencia) colocando el 20% del fertilizante, los dos restantes se aplicaron en las etapas V6 (hoja 6)

El fertilizante fosfatado se aplicó en su totalidad a la emergencia del cultivo (VE). El resto de fertilizantes se emplearon en dos fracciones es decir el 50% en la etapa VE y el resto en la etapa V6. Los fertilizantes se aplicaron en banda superficial a cinco cm de la línea de siembra. Los tratamientos foliares de nutrición y bioestimulación se aplicaron en las etapas VE, V6 y V10.

3.9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos fueron analizados a través del análisis de varianza (ANOVA) y la separación de medias con prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$).

CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. MEDICIÓN DEL EFECTO DE LA TIERRA DIATOMEAS COMO COADYUVANTE DE APLICACIONES FOLIARES DE AGROQUIMICOS EN MAIZ.

4.1.1. PROPIEDADES MORFOLÓGICAS.

La altura de planta y área foliar fueron influenciados significativamente ($p < 0,05$) por los tratamientos evaluados, donde todos los tratamientos foliares lograron incrementar la altura y aérea foliar, siendo el tratamiento T1 el que logro el mayor valor numérico (**Tabla 4.1**), lo cual evidencia que la tierra de diatomeas potenció el crecimiento. Por el contrario, el diámetro del tallo no fue afectado de manera significativa ($p > 0,05$) por los tratamientos probados.

Tabla 4.1. Efecto de tratamientos coadyuvantes foliares en el crecimiento del maíz

Tratamientos	Altura de planta (m)	Diámetro de tallo (cm)	Área foliar (m ²)
T1	2,37 a ¹	3,56	1,14 a
T2	2,33 a	3,36	1,11 a
T3	2,32 a	3,14	1,10 a
T4	2,24 ab	3,38	1,06 a
T5	2,14 b	2,80	0,95 b
p-valor ANOVA	0,0016	0,1058	0,0002
C.V. %	3,57	11,60	3,88

¹Medias con letras distintas dentro de columnas difieren estadísticamente según prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$). T₁= Agroquímicos con tierra de diatomeas; T₂= Agroquímicos con coadyuvantes convencional; T₃= Agroquímicos con agua; T₄= Tierra de diatomea; T₅= Control (Sin aplicaciones).

Los resultados logrados en crecimiento, se acercan a los reportados por Kowalska et al. (2021) quienes lograron mayor incremento en altura de plantas de trigo tratadas con silicio. Por otra parte, los resultados logrados coinciden a los obtenidos por Apáez et al. (2023), quienes reportaron mayor altura de plantas, diámetro de tallo y número de hojas en maíz cuando aplicaron bioestimulantes foliares y tierra de diatomeas, con relación al tratamiento control.

4.2. COMPARACIÓN DE LA EFICACIA DE LA TIERRA DIATOMEA COMO COADYUVANTE EN RELACIÓN A COADYUVANTES CONVENCIONALES.

4.2.1. RENDIMIENTO

Los componentes de rendimiento del maíz fueron influenciados significativamente ($p < 0.05$) por los tratamientos foliares evaluados, donde todos los tratamientos superaron estadísticamente al tratamiento control (T5) (**Tabla 4.2**). Los resultados evidencian que las aplicaciones foliares de agroquímicos combinadas con tierra de diatomeas (T1), logro efectos similares a las aplicaciones foliares de agroquímicos con coadyuvantes convencionales (T2), aunque tierra de diatomeas logró mayor valor numérico, lo cual evidencia que la tierra de diatomea además de mejorar el efecto coadyuvante de los productos foliares, también potencia el crecimiento de la mazorca y el llenado de granos. También hay que destacar el efecto simple de tierra de diatomeas aplicado con agua (T4), dado que logró un mayor efecto que el tratamiento control que no recibió aplicación foliar, lo cual demuestra que esta nano-partícula provee nutrientes minerales que mejoran el estado nutricional y fisiológico de las plantas y por tanto mejoran los componentes de rendimiento (**Tabla 4.2**).

Estos resultados se acercan a los reportados por Pati et al. (2016), quienes registraron mayores incrementos en los componentes de rendimiento del arroz con la aplicación de tierra de diatomeas, con respecto al tratamiento control. Así mismo, Kowalska et al. (2021) y Choudhary et al. (2022) lograron mayores incrementos en los componentes de rendimiento del trigo con la aplicación foliar de silicio. De manera similar, Apáez et al. (2023) lograron mayor peso promedio de mazorcas en maíz con aplicaciones foliares de tierra de diatomeas.

Tabla 4.2. Efecto de tratamientos coadyuvantes foliares en los componentes de rendimiento del maíz

Tratamientos	Longitud de mazorca (cm)	Diámetro de mazorca (cm)	Peso de granos por mazorca (g)	Peso de 100 granos (g)
T1	16,58 a ¹	4,64 a	205,78 a	41,75 a
T2	16,53 a	4,49 a	202,71 a	41,28 a
T3	16,28 ab	4,38 b	200,33 ab	39,40 ab
T4	15,45 b	4,35 b	192,45 b	37,25 b
T5	13,93 c	4,17 c	159,20 c	33,51 c
p-valor ANOVA	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
C.V. %	2,49	3,56	2,89	4,23

¹Medias con letras distintas dentro de columnas difieren estadísticamente según prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$). T₁= Agroquímicos con tierra de diatomeas; T₂= Agroquímicos con coadyuvantes convencional; T₃= Agroquímicos con agua; T₄= Tierra de diatomea; T₅= Control (Sin aplicaciones).

4.3. DETERMINACIÓN DE TIERRAS DE DIATOMEA EN LA POTENCIALIZACIÓN DEL RENDIMIENTO Y LA SANIDAD DEL MAÍZ.

4.3.1. SANIDAD Y RENDIMIENTO.

El rendimiento de grano fue afectado de forma significativa ($p < 0,05$) por los tratamientos foliares evaluados, donde el T1 logro el mayor incremento, con un 4,47, 5,20, 9,50 y 23,88%, con relación a los tratamientos T2, T3, T4 y T5, respectivamente (**Figura 4.1**). Estos resultados de rendimiento se asemejan a los reportados por Apáez et al. (2023) y Nahathai et al. (2023), quienes obtuvieron mayores rendimientos de grano en maíz tratado con tierra de diatomeas, con relación al tratamiento control.

A conclusiones similares llegaron Kowalska et al. (2021), quienes reportaron mayores incrementos de rendimiento en trigo tratado con aplicaciones combinadas edáficas y foliares de tierra de diatomeas, en comparación con el tratamiento control y otras fuentes de silicio.

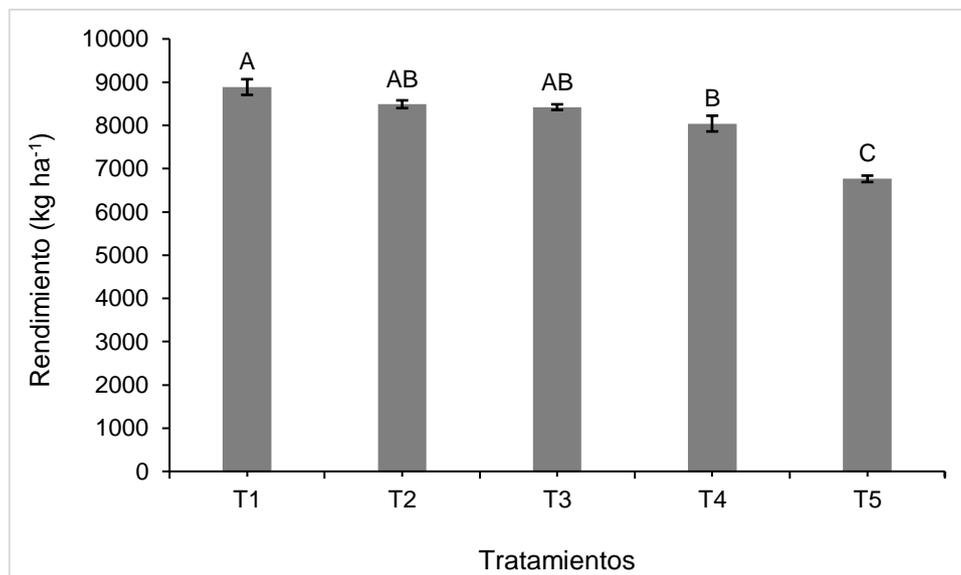


Figura 4.1. Efecto de tratamientos coadyuvantes foliares en el rendimiento de granos de maíz. Letras diferentes entre barras denotan diferencias estadísticas según prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) \pm Error estándar. T₁= Agroquímicos con tierra de diatomeas; T₂= Agroquímicos con coadyuvantes convencional; T₃= Agroquímicos con agua; T₄= Tierra de diatomea; T₅= Control (Sin aplicaciones).

Los tratamientos foliares influyeron significativamente ($p < 0,05$) en el daño de gusano cogollero, donde los tratamientos que mostraron mayor eficacia para el control de la plaga fueron (T₁, T₂, T₃ y T₄) con relación al T₅ que presentó el mayor nivel de daño. A los 15 días el porcentaje de daño de gusano cogollero fue del 11,34, 14,69, 15,24 y 14,58% en los tratamientos T₁, T₂, T₃ y T₄ con relación al control (T₅) que mostro un daño de 27,33%. A los 30 días el nivel de daño de cogollero fue de 13,56, 16,06, 15,30 y 19,13% en los tratamientos T₁, T₂, T₃ y T₄, respectivamente, respecto al tratamiento control (T₅) que mostro un daño del 33,42%. Por último, a los 45 días la afectación por gusano cogollero fue del 11,79, 14,54, 14,45 y 19,92% es los tratamientos T₁, T₂, T₃ y T₄, en su orden respectivo, en contraste al control (T₅) que alcanzó un porcentaje de daño del 40%. Estos resultados evidencian que el uso de tierra de diatomeas como coadyuvante de agroquímicos es igual de efectivo que un coadyuvante convencional, e incluso muestra un control de cogollero muy cercano al de los agroquímicos (**Figura 4.2**).

En este contexto, los resultados se asemejan a los conseguidos por Panahandeh y Ahmad (2022), quienes mencionan que la aplicación de tierras diatomeas combinada con agroquímicos es capaz de minimizar el impacto de insectos plagas. En esta misma línea, Aniwano et al. (2020) reportaron controles de

gusano cogollero con tierra de diatomeas similares e incluso superiores a insecticidas sintéticos.

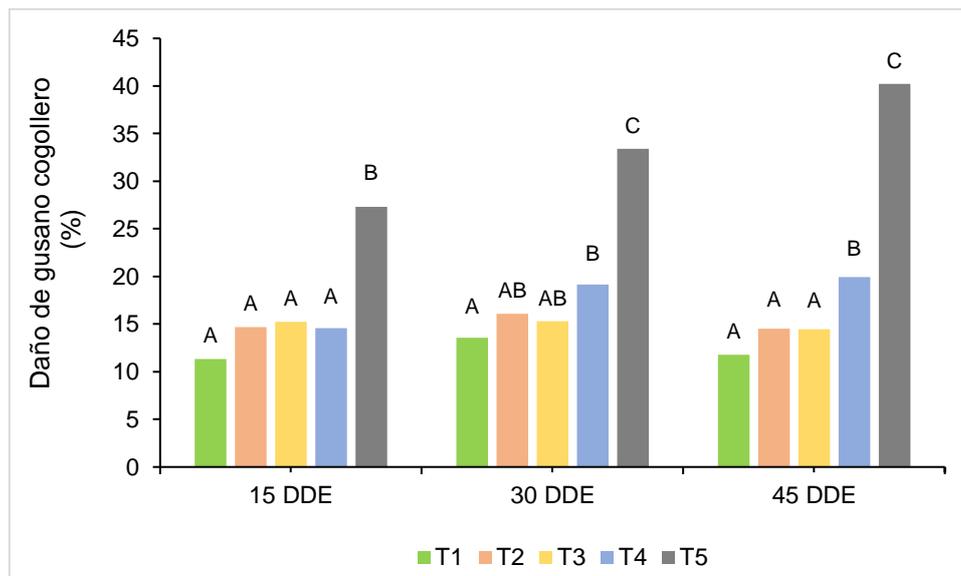


Figura 4.2. Severidad de daño de gusanos cogollero en función de tratamientos coadyuvantes foliares en maíz. Letras diferentes entre barras denotan diferencias estadísticas según prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) \pm Error, estándar. T₁= Agroquímicos con tierra de diatomeas; T₂= Agroquímicos con coadyuvantes convencional; T₃= Agroquímicos con agua; T₄= Tierra de diatomea; T₅= Control (Sin aplicaciones).

La severidad de manchas foliares fue significativamente ($p < 0,05$) afectada por los tratamientos foliares evaluados durante los 15, 30 y 45 días después de la siembra. En este sentido, a los 15 días la severidad fue del 11,18, 11,98, 14,19 y 17,09% con los tratamientos T₁, T₂, T₃ y T₄, respectivamente, respecto al control (T₅) que logró mayor nivel de severidad con el 22,11% (**Figura 4.3**). Situación similar se presentó a los 30 días, donde los tratamientos T₁, T₂, T₃ y T₄ alcanzaron un nivel de daño por manchas foliares del 13,47, 13,74, 13,97 y 19,38%, respectivamente, con relación al control T₅ que alcanzó un nivel de daño de 30,78% (**Figura 4.3**). Por otra parte, a los 35 días de evaluación, la severidad de manchas foliares fue del 12,54, 14,15, 15,79 y 18,49% en los tratamientos T₁, T₂, T₃ y T₄, en su orden respectivo, en comparación al control T₅, donde las enfermedades foliares fueron más severas (**Figura 4.3**).

Estos resultados evidencian que la tierra de diatomeas potencia el efecto de los agroquímicos foliares y reduce el nivel de severidad de manchas foliares, a niveles cercanos a los obtenidos con agroquímicos y coadyuvantes convencionales.

En este contexto, los resultados son cercanos a los revisados por Constantinescu et al. (2020), quienes exponen que el uso de nanomateriales naturales silíceos como la tierra de diatomeas es capaz de reducir la severidad de enfermedades y fortalecer la salud de las plantas. Así mismo, en investigaciones previas realizadas por Dallagnolet al. (2022), concluyeron que el uso de tierra de diatomeas fue efectivo para reducir la severidad de enfermedades en trigo.

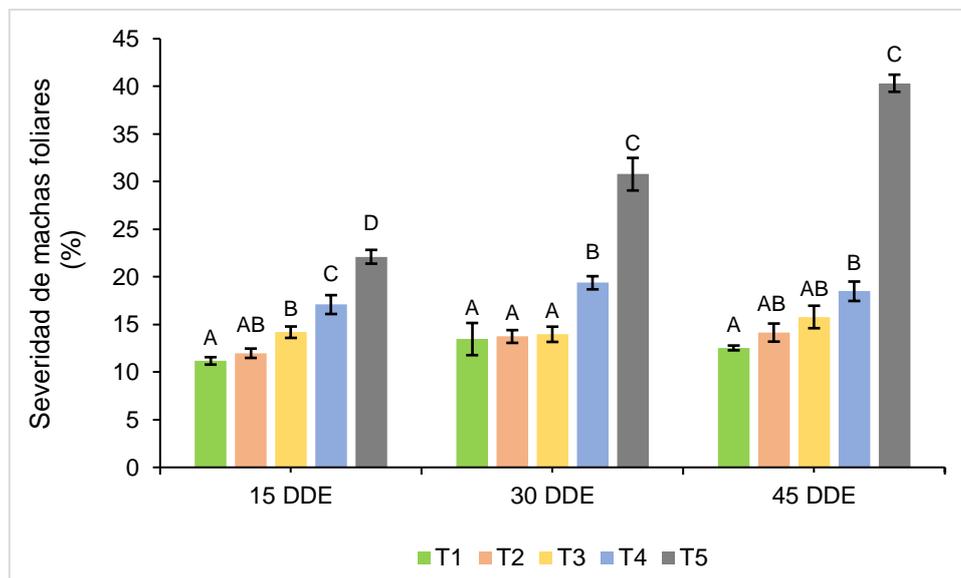


Figura 4.3. Severidad de manchas foliares en función de tratamientos coadyuvantes foliares en maíz. Letras diferentes entre barras denotan diferencias estadísticas según prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) \pm Error estándar. T₁= Agroquímicos con tierra de diatomeas; T₂= Agroquímicos con coadyuvantes convencional; T₃= Agroquímicos con agua; T₄= Tierra de diatomea; T₅= Control (Sin aplicaciones).

Efecto de la tierra de diatomeas sobre los componentes del rendimiento y el menor daño causado por gusano cogollero y manchas foliares en maíz, puede deberse a las propiedades fisicoquímicas de este nanomaterial silíceo, dado que según varios investigadores cuando son aplicados foliarmente protegen a las plantas contra el estrés biótico y abiótico, dado que sus superficies silíceas activas están involucradas en: la desecación de los insectos, efecto fungistático contra los hongos micotoxigénicos y la adsorción de sus micotoxinas, la desecación de esporas de patógenos foliares, la estimulación de la fotosíntesis, la liberación de especies de silicio soluble que potencian el metabolismo de la planta (Korunić et al., 2016; Constantinescu et al., 2020).

CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- La tierra diatomeas fue efectiva como coadyuvante para aplicaciones foliares de agroquímicos en maíz.
- La tierra de diatomeas mostró un efecto coadyuvante estadísticamente similar que coadyuvantes convencionales, por lo que podría ser usada como una estrategia más ecológica.
- La tierra de diatomeas potenció el efecto de los agroquímicos y contribuyo a disminuir el daño de plagas y manchas foliares del maíz

5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda la aplicación foliar combinada de tierra de diatomeas con agroquímicos para potenciar su efecto y mejorar aspectos sanitarios y productivos en maíz amarillo duro.

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, R. (2009). El cultivo del maíz, su origen y clasificación. El maíz en Cuba. *Cultivos tropicales*, 30(2), 113-120. <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193215047017.pdf>
- Aniwanou CTS, Sinzogan AAC, Deguenon JM, Sikirou R, Stewart DA, Ahanchede A. (2020). Bioeficacia de la tierra de diatomeas, jabones domésticos y aceite de neem contra larvas de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) en el Beni. *12(1)*. 18. <https://doi.org/10.3390/insects12010018>
- Apáez, P., Lara, M., Apáez, M., y Raya, Y. A. (2023). Aplicación foliar de *Ascophyllum nodosum* y tierra de diatomeas en la producción de frijol chino y maíz: Foliar application of *Ascophyllum nodosum* and diatomaceous earth in the production of cowpea and corn. *e-CUCBA*. 20, 103-113.
- Badillo, A. (2016). *Evaluación del aporte de gallinaza fresca en el rendimiento del cultivo de maíz (Zea mays L) Variedad INIAP 122, en dosis diferentes, en la parroquia Malchingui cantón Pedro Moncayo, provincia Pichincha*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Loja]. REP-UNL. [http://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/10735/1/informe final de tesis maíz, 12-01](http://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/10735/1/informe%20final%20de%20tesis%20ma%C3%ADz,%2012-01).
- Choudhary, R., Sharma, S., Choudhary, R., Yadav, S., Jat, G., Singh, H., y Siddartha, B. (2022). Efecto de la fertilización con silicio sobre la productividad y rentabilidad del trigo en el sur de Rajasthan. *La Revista India de Ciencias Agrícolas*. 92(4). p 500-504. <https://doi.org/10.56093/ijas.v92i4.123984>
- Constantinescu, D., Lupu, C., y Oancea, F. (2020). Nanomateriales naturales silíceos como biorracionales: protectores y fortalecedores de la salud vegetal. *Agronomy*. Vol. 10. <https://doi.org/10.3390/agronomy10111791>
- Cuetos, E. (2017). *Uso de tierra de diatomea como aditivo para mejorar la producción animal bovina en confinamiento*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de la Plata]. REP-UNP https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/118613/Documento_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Dallagnol, L., Román, A., y da Rosa, K. (2022). Uso del silicio en el manejo integrado de enfermedades del trigo. <https://doi.org/10.5772/intechopen.95285>
- Deras, H. (2020). Guía técnica del cultivo de maíz. *Instituto Colombiano Agropecuario (ICA)*. <http://repiica.iica.int/docs/b3469e/b3469e.pdf>
- Ecotierrad. (sf). Tierra de diatomeas para combatir cochinilla algodonosa. <https://ecotierradediatomeas.es/ usos/control-plagas/cochinilla/#:~:text=El%20polvo%20de%20diatomeas%20se,s%C3%ADlice%2C%20va%20deshidratando%20al%20insecto..>
- Erenstein, O., Jaleta, M., Sonder, K., Mottaleb, k. y Prasana, B. (2020). Producción, consumo y comercio mundial de maíz: tendencias e implicaciones en I+D. *Food Sec.* 14(1), 1295–1319. <https://doi.org/10.1007/s12571-022-01288-7>
- Estación meteorológica de la ESPAM MFL (2022). Ubicación geográfica proporcionada por el Instituto Nacional de Meteorológica e Hidrología. 1/
- 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*. [Tesis de pregrado, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil] REP-UCSG. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/15555/1/T-UCSG-PRE-TEC-AGRO-176.pdf>
- Galarza, J. (2016). *Diferentes niveles de diatomeas en la nutrición y salud de terneras lecheras holstein mestizas*. [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. REP-ESPC. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/5371/1/17T1399.pdf>
- Grimmer, M.; Foulkes, M.; Paveley, N. (2012). Patogenia foliar y relaciones hídricas de las plantas: una revisión. *Revista de botánica experimental*. 63(12), 4321-4331. <https://academic.oup.com/jxb/article/63/12/4321/643099>
- Guamán, R, Vera, D., Xavier, T., Villavicencio, A., Ulloa, S, y Romero, E. (2020). Evaluación del desarrollo y rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays L.*) utilizando cuatro híbridos. *Siembra*. 7 (2).

<https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/SIEMBRA/article/view/2196/2556>

- INEC. (Instituto Nacional de Estadísticas y Censo). (2022). Módulo de Información Ambiental y Tecnificación Agropecuaria, *ESPAC 2021*. Quito, Ecuador. 27 p. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8536645>
- Korunić, Z., Rozman, V., Liška, A., y Lucić, P. (2016). A review of natural insecticides based on diatomaceous earths. *POLJOPRIVREDA* 22, (1) 10-18. <https://doi.org/10.18047/poljo.22.1.2>
- Kowalska, J., Tyburski, J., Jakubowska, M. (2021). Efecto de diferentes formas de silicio sobre el crecimiento del trigo de primavera cultivado en un sistema de agricultura orgánica. *Silicon*. 13. 211–217. <https://doi.org/10.1007/s12633-020-00414-4>
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). (2020). Boletín situacional del cultivo de maíz. *Ministerio de Agricultura y Ganadería, Coordinación General de Información Nacional Agropecuaria*. Quito, Ecuador. 7 p. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5580/1/INIAPEEPIA2019FITOPATOLOGIA.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*, 35(1). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-27522020000100008
- Meza, F. (2017). Efectividad biológica de insecticidas para el manejo de la resistencia del picudo del chile/Biological effectiveness of insecticides for resistance management of pepper weevil. *CIBA Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias*. 6(11) 23-38. <https://www.ciba.org.mx/index.php/CIBA/article/view/61>
- Moale, C., Ghiurea, M., Sîrbu, C., Somoghi, R., Cioroianu, T., Faraon, V., Lupu, C., Trica, B., y Constantinescu, D. (2021). Efectos de los nanomateriales naturales silíceos aplicados en combinación con fertilizantes foliares sobre la fisiología, el rendimiento y la calidad del fruto de los albaricoqueros y melocotoneros. *Plants*. 10. Doi. <https://doi.org/10.3390/plants10112395>

- Muñoz, M., Cabello, C. I., Canafoglia, M. E., González, M. J., Botto, I. L., y González, M. (2019). Caracterización físico química y valorización de tierra de diatomea de Antofagasta de la Sierra, Catamarca, Argentina. In *V Reunión Argentina de Geoquímica de la Superficie*. RAGSU. http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/77631/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Niu, J., Liu, C., Huang, M., Liu, K., y Yan, D. (2020). Efectos de la fertilización foliar: una revisión del estado y perspectivas futuras. *Revista de ciencia del suelo y nutrición vegetal*. 21, 104-118. <https://link.springer.com/article/10.1007/s42729-020-00346-3>
- Obando, E. (2019). *Caracterización morfológica de maíz blanco harinoso (Zea mays L.) Material nativo "chazo" de la provincia de Chimborazo*. [Tesis pregrado, Universidad Técnica de Ambato]. REP-UTA. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/29726/1/Tesis-234%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-CD%20636.pdf>
- Obklin, N., Anusontpornperm, S., Thanachit, S., y Kheoruenromne, I. (2023). Efecto de la diatomita sobre el rendimiento y la absorción de nutrientes del maíz cultivado en suelos de Warin Serie: Primero en línea. *Songklanakarin Journal of Plant Science*. 10(1), 46–54. <https://www.sjplantscience.com/index.php/ojs/article/view/52>
- Panahandeh, S., y Ahmadi, K. (2022). Pulverización foliar de tierra de diatomeas junto con adyuvantes en huertos de pistacho asociados con la psila común del pistacho, *Agonoscena pistaciae*. *Journal of Pesticide Science*, 47(3), 125-130. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9706285/>
- Pati, S., Pal, B., Badole, S., Hazra, G., y Mandal, B. (2016). Efecto de la fertilización con silicio sobre el crecimiento, el rendimiento y la absorción de nutrientes del arroz. *Comunicaciones en ciencias del suelo y plantas*. *Analysis*. 47(3), 284-290. <https://doi.org/10.1080/00103624.2015.1122797>
- Pérez, L. (2019). *Evaluación de tierras diatomeas, en el tratamiento de drenajes ácidos de minas de carbón*. [Tesis de pregrado, Universidad Pedagógica y tecnológica de Colombia]. REP-UPTC.

https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/3799/1/Evaluacion_tierras_diatomeas.pdf

Pérez, R., Cabrera, E., y Hinojosa, M. (2018). El Régimen de Riego de Cultivos en Manabí, Ecuador: Estudio Climatológico. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 27(1), 5 – 12.
<https://www.redalyc.org/journal/932/93257370001/93257370001.pdf>

Portal frutícola. (2019). Tierras diatomeas. (En línea).
<https://www.portalfruticola.com/noticias/2019/02/07/tierra-de-diatomeas-todo-lo-que-necesitas-saber-y-como-utilizarla/?pdf=262159>

Quevedo, J. (2019). *Caracterización de los aspectos morfológicos de híbridos de maíz amarillo duro (Zea mays L.) en suelos de restinga*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Guayaquil]. REP-UNG.
http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/4217/UNU_AGRON

Ríos C. (2017). *Caracterización morfoagronómica y fisicoquímica de 15 accesiones de maíz (Zea mays L.) con fines de fitomejoramiento*. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Machala]. REP-UTM.
<http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/16564/1/TTUACA-2021-IA-DE00030.pdf>

Roca, A. (2020). *Efecto de tierra de diatomeas en el control de gorgojo del maíz (Sitophilus zeamais) en las zonas de Buena Fe, Quevedo y Mocache*. (Bachelor. Quevedo, Ecuador). [Tesis de pregrado, Universidad Estatal de Quevedo]. REP-UTEQ.
<https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/6032/1/T-UTEQ-0263.pdf>

Sánchez, J. (2020). Qué es la tierra de diatomeas y para qué sirve. *Ecología verde*.
<https://www.ecologiaverde.com/que-es-la-tierra-de-diatomeas-y-para-que-sirve-1687.html>

Sembralía. (2020). Tierra de diatomeas: fertilizante, insecticida y mucho más.
<https://sembralía.com/blogs/blog/tierra-diatomeas-agricultura>

Sotomayor, J. (2020). Tierra de diatomeas: fertilizante, insecticida y mucho más. *Sembralía* <https://sembralía.com/blogs/blog/tierra-diatomeas-agricultura>

- Soujanya P, Sekhar J, Yathish K, Karjagi C, Rao K, Suby S, Jat S, Kumar B, Kumar K, Vadessery J, Subaharan K, Patil J, Kalia VK, Dhandapani A y Rakshit S. (2022). Técnica de fenotipado basada en daño foliar y su validación frente al gusano cogollero, *Spodoptera frugiperda* (JE Smith), en maíz. *Frontiers*. Vol. 13. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.906207>
- Subhani, A., Tariq, M., Sulaman, M., Latif, R., Khan, M., Sajid, M., y Shahid, M. (2012). Papel de la humedad del suelo en la eficiencia del uso de fertilizantes en áreas de secano: una revisión. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, 2(11), 1-10.
- Valverde, M. (2015). *Caracterización e identificación de razas de maíz en la provincia del Azuay*. [Tesis de pregrado, Universidad de Cuenca]. REP-UC. <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/22897/1/Tesis.pdf>
- Van, M. (2020). Impacto del estrés abiótico en la transmisión de virus de plantas por pulgones. *Viruses*. 12(16), 1 – 12. <https://www.mdpi.com/1999-4915/12/2/216>
- Van Munster, M.; Yvon, M.; Vile, D.; Dader, B.; Fereres, A.; Blanc, D. (2017). El déficit hídrico potencia la transmisión de virus vegetales por insectos vectores. *Plon Osne*. 12(5), 017- 4398. <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0174398>
- Zambrano J., Yáñez, C., Sangoquiza C., Limongi, R., Alarcón F., Zambrano E., y Pinargote, L. (2019). Situación del cultivo de maíz en Ecuador: investigación y desarrollo de tecnologías en el Iniap. IV congreso de semillas. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5457/1/iniapeppdf62.pdf>
- Zambrano, E., Rivadeneira, J., y Pérez, M. (2018). Vinculación de El Niño Oscilación del Sur para la detección temprana de sequías en climas tropicales: la costa ecuatoriana. *Science of the Total Environmer*. 193–207. <https://org/10.1016/j.scitotenv.2018.06.160>

ANEXOS



Anexo 1. Planteamiento del ensayo



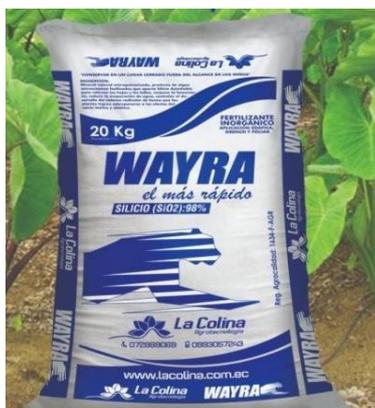
Anexo 2. Siembra.



Anexo 3. Aplicación de tratamientos (Primera)



Anexo 4. Fertilizantes aplicados



Anexo 5. Tratamientos empleados. Tierra diatomeas+ agroquímicos.





Anexo 6. Fertilización.



Anexo 7. Evaluación de Variable de infestación



Anexo 8. Segunda aplicación de tratamientos



Anexo 9. Análisis de variables sanitarias



Anexo 10. Evaluación de daños de cogollero.



Anexo 11. Evaluación de variables de desarrollo.



Anexo 12. Medición de porcentaje de humedad para proceder a la cosecha.



Anexo 13. Cosecha a los 120 días.