



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE AGROPECUARIA**

**EFFECTO DE INOCULACIÓN MICORRÍZICA Y TIERRA
DE DIATOMEAS EN EL CULTIVO DE MAÍZ CRIOLLO
(*Zea mays* L.) EN RÍO NUEVO, PARROQUIA COLONCHE**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Requisito parcial para la obtención del título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

Autor: Dave Sebastián Rosales Tomalá.

LA LIBERTAD, DICIEMBRE 2025



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE AGROPECUARIA**

**EFEECTO DE INOCULACIÓN MICORRÍZICA Y TIERRA
DE DIATOMEAS EN EL CULTIVO DE MAÍZ CRIOLLO
(*Zea mays* L.) EN RÍO NUEVO, PARROQUIA COLONCHE**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Requisito parcial para la obtención del título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

Autor: Dave Sebastián Rosales Tomalá

Tutora: Ing. Agr. Nadia Quevedo Pinos, PhD.

LA LIBERTAD, DICIEMBRE 2025

TRIBUNAL DE GRADO

Trabajo de Integración Curricular presentado por **DAVE SEBASTIÁN ROSALES TOMALÁ** como requisito parcial para la obtención del grado de Ingeniero Agropecuario de la Carrera de Agropecuaria.

Trabajo de Integración Curricular **APROBADO** el: 08/12/2025

Ing. Lenni Ramírez Flores, MSc.
DIRECTORA DE CARRERA
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Marlon Mena Montoya Mgtr.
PROFESOR ESPECIALISTA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Nadia Quevedo Pinos, PhD.
PROFESORA TUTORA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Nadia Quevedo Pinos, PhD.
PROFESORA GUÍA DE LA UIC
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Washington Perero Vera, MSc.
ASISTENTE ADMINISTRATIVO
SECRETARIO

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios, por haberme otorgado la sabiduría y las herramientas para lograr con éxito esta etapa tan importante en mi vida, gracias a la Universidad Estatal Península de Santa Elena por abrirme las puertas y poder obtener este logro académico, a cada uno de los docentes gracias por su dedicación y paciencia, aprecio mucho sus enseñanzas.

A mi tutora Ing. Nadia Rosaura Quevedo Pinos, Ph.D., expreso mi profunda gratitud por su guía constante durante este arduo proceso de tesis, a mis amigos que estuvieron ahí en momentos difíciles, con su ayuda y motivación que me impulsaron a seguir adelante.

Agradecer también al Ing. Pablo Baculima, por ayudarme colaborándome con los productos implementados para que se llevara a cabo este trabajo.

Al Ing. Marlon Mena gracias por su disposición en haberme ayudado con mi trabajo de titulación.

A mis queridos padres, Luis Alfredo Rosales Castillo y Jenny Marisol Tomalá Magallan, mil gracias por su apoyo y sacrificio para poder alcanzar este logro. A mis hermanos, Israel, Carlos, Isabel, Leonel, Dennises, Alex y Emely, gracias por estar siempre ahí y por creer en mí a lo largo de este camino.

A Natalia Valdivieso, gracias por el valioso apoyo brindado durante la elaboración de este trabajo académico, fue determinante para poder culminar mi proceso de titulación.

DEDICATORIA

A mí mismo, porque aprendí que el esfuerzo y perseverancia puede más que el cansancio y que creer en uno mismo es el primer paso hacia cualquier meta.

A mi familia, en especial a mis padres, Luis Alfredo Rosales Castillo y Jenny Marisol Tomalá Magallan, les dedico este trabajo con el corazón lleno de gratitud y orgullo, porque sé, que sin su apoyo constante, consejos, palabra de aliento, este logro no habría sido posible.

A mis hermanos Israel, Carlos, Isabel, Leonel, Dennises, Alex y Emely, este logro también es de ustedes, porque detrás de cada paso que di, estuvo su apoyo y su fe en mí. Aprendí la importancia de compartir, de apoyarnos y celebrar juntos cada logro por más grande o pequeño que sea.

A mi mami Marcia Magallan, a pesar de no estar presente, siempre llevo conmigo sus palabras de aliento y sabios consejos.

RESUMEN

La investigación evaluó el efecto de la inoculación con hongos micorrízicos arbusculares (HMA) y la aplicación de tierra de diatomeas (TD) sobre el crecimiento, rendimiento y calidad del maíz criollo (*Zea mays* L.) en el recinto Río Nuevo, parroquia Colonche, provincia de Santa Elena, Ecuador. Se desarrolló un estudio experimental bajo un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2×2, considerando la aplicación y ausencia de HMA y TD, conformando cuatro tratamientos con cuatro repeticiones. Los datos obtenidos se analizaron mediante ANOVA. Los resultados indicaron que ni los factores individuales ni su interacción produjeron diferencias significativas ($p > 0.05$) en las variables morfológicas (altura de planta, diámetro del tallo y número de hojas) ni en las productivas (número de mazorcas y rendimiento). No obstante, se observaron tendencias favorables en la altura y el vigor de las plantas con la aplicación de HMA y TD. El rendimiento promedio fue de 1.279 t/ha, con incrementos absolutos leves en los tratamientos con HMA (+0.2287 t/ha) y TD (+0.0187 t/ha). La biomasa seca presentó respuesta micorrízica negativa, aunque la TD redujo parcialmente dicho efecto, posiblemente al mejorar la resistencia celular y al estrés. Además, la TD disminuyó la incidencia del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), evidenciando su acción insecticida de tipo físico. En conclusión, bajo las condiciones agroecológicas de Río Nuevo, la inoculación micorrízica y la tierra de diatomeas mostraron un efecto limitado sobre el rendimiento del maíz criollo, aunque la TD presentó potencial en la mitigación de plagas y la estabilidad fisiológica del cultivo.

Palabras claves: biofertilización, control físico de plagas, eficiencia fisiológica.

ABSTRACT

The research evaluated the effect of inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) and the application of diatomaceous earth (DE) on the growth, yield, and quality of native maize (*Zea mays* L.) in recinto Río Nuevo, Colonche parish, Santa Elena province, Ecuador. The study was conducted under an experimental design with a completely randomized 2×2 factorial arrangement, considering the presence and absence of AMF and DE, for a total of four treatments with four replications. Data were analyzed using ANOVA. Results indicated that neither the individual factors nor their interaction produced significant differences ($p > 0.05$) in morphological variables (plant height, stem diameter, and number of leaves) or productive parameters (number of ears and grain yield). However, favorable trends were observed in plant height and vigor with the application of AMF and DE. The average yield was 1.279 t/ha, with slight absolute increases in the AMF (+0.2287 t/ha) and DE (+0.0187 t/ha) treatments. Dry biomass showed a negative mycorrhizal response, although DE partially mitigated this effect, possibly by improving cellular structure and stress resistance. Furthermore, DE reduced the incidence of the fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*), confirming its physical insecticidal action. In conclusion, under the agroecological conditions of Río Nuevo, AMF inoculation and DE application showed limited effects on the yield of native maize; however, DE demonstrated potential for pest mitigation and the enhancement of crop physiological stability.

Keywords: biofertilization, physical pest control, physiological efficiency.

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

El presente Trabajo de Integración Curricular titulado **“EFECTO DE INOCULACIÓN MICORRÍZICA Y TIERRA DE DIATOMEAS EN EL CULTIVO DE MAÍZ CRIOLLO (*Zea mays* L.) EN RÍO NUEVO, PARROQUIA COLONCHE”** y elaborado por **Dave Sebastián Rosales Tomalá**, declara que la concepción, análisis y resultados son originales y aportan a la actividad científica educativa agropecuaria.

Transferencia de derechos autorales.

"El contenido del presente Trabajo de Graduación es de mi responsabilidad; el patrimonio intelectual del mismo pertenece a la Universidad Estatal Península de Santa Elena".

Firma del estudiante

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
Problema Científico	2
Objetivos	2
<i>Objetivo General:</i>	2
<i>Objetivos Específicos:</i>	2
Hipótesis	2
CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
1.1 Maíz criollo	3
1.1.1 <i>Origen y distribución</i>	3
1.1.2 <i>Fenología</i>	3
1.1.3 <i>Requerimientos edafoclimáticos</i>	3
1.1.4 <i>Principales plagas del maíz en Ecuador</i>	4
1.1.5 <i>Manejo integrado de plagas (MIP)</i>	4
1.1.6 <i>Estrategias del MIP aplicadas al maíz criollo</i>	4
1.1.7 <i>Enfoque agroecológico del MIP y bioinsumos</i>	5
1.2 Hongos micorrízicos arbusculares (HMA)	6
1.2.1 <i>Biología</i>	6
1.2.2 <i>Taxonomía</i>	6
1.2.3 <i>Mecanismos de acción</i>	7
1.2.4 <i>Interacción planta-microorganismo</i>	7
1.2.5 <i>Factores que afectan la colonización micorrízica</i>	8
1.3 Tierra de diatomeas	8
1.3.1 <i>Origen y composición</i>	8
1.3.2 <i>Mecanismos de acción</i>	9
1.3.3 <i>Usos y funciones agrícolas de tierra de diatomeas</i>	9
1.4 Interacción HMA-TD	10
1.4.1 <i>Sinergia y antagonismo</i>	10
CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS	11
2.1 Caracterización del área	11
2.2 Materiales, equipos y reactivos	11
2.2.1 <i>Material biológico</i>	11
2.2.2 <i>Material de campo</i>	11
2.2.3 <i>Material de oficina</i>	12
2.2.4 <i>Material para la colecta de muestras de suelo</i>	12
2.2.5 <i>Material para la colecta de semillas y plantas</i>	12
2.2.6 <i>Material de laboratorio</i>	13
2.2.7 <i>Equipos de laboratorio</i>	13
2.3 Tipo de investigación	13
2.4 Diseño de investigación	13
2.4.1 <i>Diseño experimental</i>	13
2.5 Manejo del experimento	16
2.5.1 <i>Medición del terreno</i>	16
2.5.2 <i>Muestreo de suelos</i>	16
2.5.3 <i>Preparación del terreno</i>	16
2.5.4 <i>Preparación e implementación del sistema de riego</i>	16

2.5.5	<i>Adecuación del área experimental</i>	17
2.5.6	<i>Siembra</i>	18
2.5.7	<i>Fertilización</i>	18
2.5.8	<i>Aplicación de tierra de diatomeas</i>	19
2.5.9	<i>Aplicación de micorriza</i>	20
2.5.10	<i>Control fitosanitario</i>	21
2.5.11	<i>Cosecha</i>	21
2.6	Parámetros evaluados	22
2.6.1	<i>Morfológicos</i>	22
2.6.2	<i>Productivos</i>	22
2.6.3	<i>Eficiencia micorrízica</i>	22
2.6.4	<i>Evaluación de plagas y enfermedades</i>	23
2.7	Análisis estadístico de los resultados	24
CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN		25
Resultados		25
3.1	Efectos en los parámetros morfológicos	25
3.1.1	<i>Altura de la planta</i>	25
3.1.2	<i>Diámetro del tallo</i>	27
3.1.3	<i>Número de hojas</i>	29
3.2	Efectos en las variables productivas	30
3.2.1	<i>Número de mazorcas</i>	31
3.2.2	<i>Rendimiento</i>	31
3.3	Producción de biomasa seca y eficiencia micorrízica	32
3.4	Incidencia del gusano cogollero (<i>Spodoptera frugiperda</i>)	32
Discusión		33
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		36
Conclusiones		36
Recomendaciones		36
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		38
ANEXOS		43

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación taxonómica del Phylum Glomeromycota (Luna et al., 2019).	6
Tabla 2. Funciones de la tierra de diatomeas.....	10
Tabla 3. Descripción de los tratamientos del experimento en el Recinto Río Nuevo-Colonche, durante el 2025.	13
Tabla 4. ANOVA fuente de variación y grados de libertad de los factores considerados en el experimento.	14
Tabla 5. Resultados físico químicos de suelo del área del experimento en Río Nuevo-Colonche, Santa Elena, (Laboratorios INIAP).	16
Tabla 6. Plan de fertilización aplicado al cultivo de maíz criollo.	19
Tabla 7. Plan de aplicación de tierra de diatomeas.....	19
Tabla 8. Composición de FOSSIL SHELL AGRO (Tierra de diatomeas).	20
Tabla 9. Composición de inoculante comercial ECOFUNGI (Hongos micorrízicos arbusculares) (EcoMicrobials).....	20
Tabla 10. ANOVA de variables morfológicas, altura de la planta (AP), diámetro del tallo (DT), número de hojas (NH) de la planta, evaluadas a los 14, 28, 42 y 56 días después de la emergencia.	25
Tabla 11. Resumen ANOVA de los parámetros productivos, número de mazorcas (NM) y rendimiento productivo (RP) del cultivo de maíz criollo (<i>Zea mays</i> L.)	30
Tabla 12. Eficiencia micorrízica de plantas de maíz inoculadas con hongos micorrízicos arbusculares y tierra de diatomeas en relación a los tratamientos no micorrizados.	32

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del área de instalación del ensayo en el recinto Rio Nuevo-Colonche (Google Maps, 2025).....	11
Figura 2. Plano del área experimental con las parcelas.....	14
Figura 3. Parcela con sus medidas y distancias de siembra.	15
Figura 4. Área experimental con sus repeticiones y tratamientos.	15
Figura 5. División del área experimental por tratamientos.	18
Figura 6. Área de cosecha del maíz criollo.	21
Figura 7. Escala de daño gusano cogollero (<i>Spodoptera frugiperda</i>) en maíz (<i>Zea mays</i> L).	24
Figura 8. Altura promedio de las plantas de maíz criollo bajo la inoculación con HMA (+HMA) o no (-HMA) (1) y TD (+TD) o no (TD) (2) evaluadas a los 14 (A) Medias de altura de la planta, evaluada a los 14 (A), 28 (B), 42 (C) y 56 (D) días después de la emergencia de las plantas. Medias de la misma letra no difieren estadísticamente entre si según el test de tukey ($p<0.05$). Barras representan el error padrón de la muestra para cuatro repeticiones.	27
Figura 9. Diámetro del tallo de las plantas de maíz criollo bajo la inoculación con HMA (+HMA) o no (-HMA) (1) y TD (+TD) o no (TD) (2) evaluadas a los 14 (A) Medias de altura de la planta, evaluada a los 14 (A), 28 (B), 42 (C) y 56 (D) días después de la emergencia de las plantas. Medias de la misma letra no difieren estadísticamente entre si según el test de Tukey ($p<0.05$). Barras representan el error padrón de la muestra para cuatro repeticiones.	28
Figura 10. Número de hojas promedio de las plantas de maíz criollo bajo la inoculación con HMA (+HMA) o no (-HMA) (1) y TD (+TD) o no (TD) (2) evaluadas a los 14 (A) Medias de altura de la planta, evaluada a los 14 (A), 28 (B), 42 (C) y 56 (D) días después de la emergencia de las plantas. Medias de la misma letra no difieren estadísticamente entre si según el test de tukey ($p<0.05$). Barras representan el error padrón de la muestra para cuatro repeticiones.....	30
Figura 11. Promedio de número de mazorcas de las plantas de maíz criollo bajo la inoculación con HMA (+HMA) o no (-HMA) (1) y TD (+TD) o no (TD) (2). Medias de la misma letra no difieren estadísticamente entre si según el test de Tukey ($p<0.05$). Barras representan el error padrón de la muestra para cuatro repeticiones.	31
Figura 12. Promedio de rendimiento productivo (RP) en plantas de maíz criollo bajo la inoculación con HMA (+HMA) o no (-HMA) (1) y TD (+TD) o no (TD) (2). Medias de la misma letra no difieren estadísticamente entre si según el test de Tukey ($p<0.05$). Barras representan el error padrón de la muestra para cuatro repeticiones.	32
Figura 13. Promedio de incidencia de <i>Spodoptera frugiperda</i> durante el tiempo en cada uno de los tratamientos evaluados.....	33

ÍNDICE DE ANEXOS

- Figura 1A.** Limpieza del terreno.
- Figura 2A.** Delimitación y cerramiento del área de ensayo.
- Figura 3A.** Instalación del sistema de riego por goteo.
- Figura 4A.** Comportamiento del área experimental con tres repeticiones y seis tratamientos.
- Figura 5A.** Productos inoculantes, hongos micorrízicos arbusculares (ECOFUNGI) Y tierra de diatomeas (FOSSIL SHELL), utilizado en el experimento.
- Figura 6A.** Fertilizantes UREA y MAP (Fosfato monoamónico), utilizados de manera edáfica en el cultivo.
- Figura 7A.** Preparación de dosis de inoculación micorrízica y tierra de diatomeas
- Figura 8A.** Preparación de dosis de fertilizante de Urea y MAP (Fosfato monoamónico).
- Figura 9A.** Siembra e inoculación micorrízica con aplicación de tierra de diatomeas y primera fertilización a base de Urea en el maíz criollo.
- Figura 10A.** Colocación de letreros con sus respectivos tratamientos y repeticiones
- Figura 11A.** Selección y amarre de las plantas seleccionadas para toma de datos.
- Figura 12A.** Toma de datos 14 y 28 días después de la emergencia.
- Figura 13A.** Aplicación de tierra de diatomeas contra *Spodoptera frugiperda*.
- Figura 14A.** Segunda fertilización a base de UREA.
- Figura 15A.** Toma de datos 42 y 56 días después de la emergencia.
- Figura 16A.** Cosecha del maíz criollo.
- Figura 17A.** Colecta de las plantas.
- Figura 18A.** Peso de 200 g de semillas.
- Figura 19A.** Secado de semilla 200 g en estufa de circulación de aire a 75°C por 48 horas.
- Figura 20A.** Secado de 200 granos de semilla en estufa de circulación de aire a 75°C durante 24 horas.
- Figura 21A.** Peso seco de 200 granos.
- Figura 22A.** Peso húmedo de las plantas.
- Figura 23A.** Secado de las plantas en estufa de circulación de aire a 75 °C durante 48 horas.
- Figura 24A.** Peso seco de las plantas de maíz criollo.

INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es un cultivo de gran relevancia en términos económicos, sociales y alimenticios a nivel mundial. Se movilizó por toda Sudamérica, en Ecuador es un soporte crucial tanto en la alimentación como en la economía rural, está gramínea es cultivado por pequeños y medianos productores en varias regiones agroecológicas (Tanumihardjo *et al.*, 2020). El maíz es una opción productiva para las familias campesinas en la provincia de Santa Elena, específicamente en la parroquia Colonche, debido a su adaptabilidad, condiciones semiáridas, valor cultural y genético, pues conserva atributos típicos como rusticidad y resistencia ante el estrés del medio ambiente (Tacán *et al.*, 2022).

Los suelos de la zona Río Nuevo presentan textura franco a franco-arenosa, baja en materia orgánica (MO) y niveles medios de fósforo (P) disponible, lo que limita la productividad del cultivo (Andrade and Ortiz, 2020). También la baja capacidad de retención de agua y las altas temperaturas causan vulnerabilidad del cultivo frente a déficits hídrico y por ende al ataque de plagas como el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), una de las plagas más nocivas del maíz (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, 2021).

Sin embargo, en Ecuador existen aún pocos estudios experimentales que evalúen esta interacción, especialmente en maíces criollos bajo condiciones semiáridas, donde el suelo y el clima imponen fuertes restricciones a la productividad (Figuroa *et al.*, 2022). Es por ello que la presente investigación busca aportar información científica, práctica y presentar una propuesta para los agricultores del recinto Río Nuevo, Colonche con la necesidad de adoptar técnicas sostenibles, que permitan mejorar la eficiencia del uso de recursos y reducir agroquímicos mediante la implementación de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) y tierra de diatomeas (TD).

Los hongos micorrízicos arbusculares (HMA), son microorganismos simbiotes del suelo que forman asociaciones mutualistas con las raíces de las plantas, dicha simbiosis incrementa la absorción de fósforo, agua y micronutriente, mejora la estructura del suelo y fortalece el cultivo de maíz en condiciones de estrés (Reyes *et al.*, 2025)

Por otra parte, la tierra de diatomeas (TD) se ha añadido como un bioinsumo natural de origen mineral, que está compuesta en su mayoría por sílice amorfa; su acción física sobre insectos plagas sucede por abrasión y deshidratación del exoesqueleto, gracias a esto reduce su incidencia sin perjudicar a los organismos benéficos del ecosistema (Romei and Schilman, 2024). Asimismo, se ha evidenciado que su aplicación en el suelo puede mejorar la aireación,

retención de agua y disponibilidad de nutrientes, contribuyendo al desarrollo radicular y a la sanidad del cultivo (Loya *et al.*, 2022).

Considerando el uso conjunto de micorrizas y tierra de diatomeas como una alternativa sostenible para los sistemas agrícolas locales, ya que la combinación de ambos insumos podría generar una acción sinérgica en donde las micorrizas incrementen la eficiencia en el uso del fósforo y la tierra de diatomeas reduzca la incidencia de plagas y mejore las condiciones físicas del suelo (Montenegro, 2021).

Problema Científico

¿Cómo influye la inoculación micorrízica y la aplicación de tierra de diatomeas en el crecimiento, rendimiento y calidad del maíz criollo (*Zea mays* L.) en el recinto Río Nuevo, parroquia Colonche, Ecuador?

Objetivos

Objetivo General:

- ❖ Evaluar el efecto de la inoculación micorrízica y la tierra de diatomeas sobre el rendimiento y calidad del maíz criollo (*Zea mayz* L.) en Río Nuevo, Colonche.

Objetivos Específicos:

1. Determinar el efecto de la inoculación micorriza en el crecimiento y rendimiento del maíz criollo.
2. Evaluar la influencia de tierra de diatomeas en la resistencia a plagas y enfermedades del cultivo.
3. Comparar los resultados productivos del maíz con y sin la combinación de micorrizas y tierra de diatomeas.

Hipótesis

Ha: La inoculación con micorrizas y el uso de tierra de diatomeas mejora significativamente el desarrollo, rendimiento y resistencia del cultivo de maíz criollo en las condiciones agroecológicas de Río Nuevo.

CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 Maíz criollo

1.1.1 Origen y distribución

El maíz criollo (*Zea mays* L.) es una gramínea procedente de América, donde se propagó por todo el continente, no existe un consenso sobre todo cuando se inició su domesticación, sin embargo, los nativos mexicanos sostienen que es su centro de origen, la planta para ellos simboliza miles de años de cultura; ya que es uno de los cultivos de mayor importancia, debido a que es uno de los componentes básicos del consumo de la población ecuatoriana (Gutiérrez *et al.*, 2022).

1.1.2 Fenología

La fenología del maíz se basa de acuerdo con la codificación de la escala Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt und Chemische Industrie (BBCH), donde cuenta con varios estadios fenológicos de la planta como lo son: La germinación, desarrollo de las hojas, el crecimiento longitudinal del tallo principal, aparición del órgano floral principal, la floración, la formación de mazorca, la maduración de mazorca-granos y la senescencia (Ambuludi, 2022).

1.1.3 Requerimientos edafoclimáticos

Adaptabilidad y resistencia de climas: El maíz criollo (*Zea mays* L.) es más estable a las circunstancias de estrés ambiental, ya que se dan en muchos medios ambientales, que va desde suelos áridos hasta húmedos, con pH de 5.5 a 7, donde requiere una temperatura de 20 a 30°C (Instituto Nacional de Innovación y Tránsito de Tecnología Agropecuaria, 2019).

Diversidad genética: Las características genéticas de esta diversidad se pueden utilizar para poder generar un sinnúmero de variedades apropiadas para los cambios ambientales en las próximas décadas (Instituto Nacional de Innovación y Tránsito de Tecnología Agropecuaria, 2019).

Rendimiento variable: Su rendimiento suele ser bajo a comparación con híbridos, sin embargo, en condiciones ambientales desfavorables suele soportar más que cualquier híbrido (Sánchez *et al.*, 2014).

Calidad nutricional: Este maíz criollo (*Zea mays* L.) se caracteriza por tener grandes aportes nutricionales, principalmente su alto aporte energético lo hace llamativo y benéfico para las personas (Oneal, 2019).

1.1.4 Principales plagas del maíz en Ecuador

El cultivo de maíz (*Zea mays* L.) es afectado por insectos que causan grandes pérdidas agrícolas tanto en América latina como a nivel mundial, en Ecuador las principales plagas que afectan al cultivo de maíz son el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), barrenador del tallo (*Diatrea spp*), falso medidor (*Mocis latipes*), gallina ciega (*Phyllophaga spp*), gusano elotero (*Helicoverpa zea*), gorgojo del maíz (*Sitophilus zeamais*) estas plagas causan daños severos en diferentes partes de la planta de maíz como la raíz, tallo, hojas y mazorcas (Martínez, 2022).

Siendo así que *Spodoptera frugiperda* es una de las principales plagas que más afectan al cultivo de maíz en varios países, Según Ávila *et al.* (2023) el gusano cogollero tiene la capacidad de formar grandes poblaciones afectando el 20% de las plantas de maíz en etapa de crecimiento, puede reducir su rendimiento aproximadamente un 17-18%, y si no es controlada puede causar daños más severos de 34% hasta un 58% muy perjudicial económicamente para los productores.

1.1.5 Manejo integrado de plagas (MIP)

El MIP, es un enfoque integral y ecológico para manejar las plagas en la agricultura; este enfoque se basa en la combinación cuidadosa de diversas estrategias de control, incluyendo prácticas culturales, biológicas y químicas, produciendo alimentos sanos y minimizando la utilización de plaguicidas que no causen perjuicios económicos, reducciones de riesgos del medio ambiente y la salud de las personas (Zhou *et al.*, 2024).

Los principios generales del MIP requieren de prevención para evitar que las plagas se vuelvan dominantes o dañinas en sistema de cultivo, un enfoque sistemático y preventivo contra plagas perjudiciales reduciendo posibles problemas de los cultivos y daño económico, además de la reducción del uso de agroquímicos con controles biológicos o biotécnicas, una herramienta no química muy importante (Barzman *et al.*, 2015).

1.1.6 Estrategias del MIP aplicadas al maíz criollo

Dentro de las estrategias del MIP tenemos el control cultural una de las más antiguas y efectivas, que consiste en implementar diferentes prácticas agronómicas que tengan algún

efecto sobre la protección del cultivo, algunas actividades para la estrategia de un control cultural son: Eliminación de residuos infectados de las plagas, formación de condiciones micro climáticas y uso de variedades resistente (Ramírez and Cerda, 2021).

Además, encontramos el control físico-mecánico quien controla las plagas por medios de barreras físicas, deshierbe y la alteración del microclima. Hay varias opciones que se pueden aplicar como verter ceniza, arena, aserrín, tierra de diatomeas, feromonas, trampas de luz, con el fin de secar y controlar las larvas, por otra parte, tenemos al control biológico donde se utilizan enemigos naturales como mariquitas, *Beauveria bassiana*, *Bacillus thuringiensis*, *Trichogramma pretiosum* (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2022).

Según Coupe y Capel (2016), las variedades de maíz modificados genéticamente (GM) son el remplazo por variedades convencionales, la tecnología de GM son el desarrollo de cultivos resistentes a herbicidas, principalmente al glifosato, sin embargo, el uso de pesticidas no ha disminuido significativamente si no todo lo contrario, incluso se visualiza un aumento en la resistencia de las plagas y malas hierbas hacia los pesticidas.

Es de suma importancia monitorear plagas y utilizar umbral económico como herramienta de control en *Spodoptera frugiperda*, de esa manera reducir los niveles de daño económico y las aplicaciones innecesarias de insecticidas (Vélez *et al.*, 2021).

1.1.7 Enfoque agroecológico del MIP y bioinsumos

El enfoque agroecológico del Manejo Integrado de Plagas (MIP) busca comprender y aprovechar los procesos naturales del agroecosistema para prevenir brotes de plagas, en lugar de reaccionar ante ellos, promueve la diversificación de cultivos, el uso de bioinsumos y la conservación de enemigos naturales, reduciendo la dependencia de plaguicidas, este enfoque reconoce la salud del suelo y la biodiversidad funcional que son claves para mantener el equilibrio ecológico (Nicholls and Altieri, 2018).

Los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) que forman asociaciones con las raíces de las plantas y tierra de diatomeas (TD) insecticida natural, es una práctica sostenible que ayuda a disminuir las plagas en el cultivo de maíz, esta combinación ofrece una solución prometedora ya que contribuye garantizando la seguridad alimentaria y preservando el equilibrio ecológico (Ntsomboh *et al.*, 2025).

1.2 Hongos micorrízicos arbusculares (HMA)

1.2.1 Biología

Los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) biológicamente son microorganismos que se encuentran en el suelo formando relaciones simbióticas con las plantas ya que mejoran el crecimiento vegetal, protege contra estrés biótico y abiótico. La simbiosis entre hongo y planta se da dentro de las raíces de la planta de manera natural donde se genera el intercambio de energía, nutrientes y agua, más del 80% de las plantas terrestres forman asociaciones, estos hongos se presentan más en zonas cálidas como los trópicos que sobreviven como esporas o fragmentos de hifas (Holly *et al.*, 2025).

1.2.2 Taxonomía

Los hongos micorrízicos arbusculares (HMA), pertenecen al Phylum Glomeromycota, organismos microscópicos, que son biótrofos obligados, es decir que requieren de una planta y así optimizar su ciclo de vida. Taxonómicamente está organizado en 3 clases 5 órdenes, 14 familias y 26 géneros (Luna *et al.*, 2019).

Tabla 1. Clasificación taxonómica del Phylum Glomeromycota (Luna *et al.*, 2019).

Clase	Orden	Familia	Géneros	
glomeromycetes	Glomerales	Glomeraceae	Glomus	
			Funneliformis	
			Simiglomus	
		claroideoglomeraceae	Septoglomus	
			Claroideoglomus	
			Viscospora	
			Diversispora	
	Diversisporales	Diversisporaceae	Redeckera	
			Otopora	
		Entrophosporaceae	Entrophospora	
			Acaulosporaceae	Acaulospora
			Kuklospora	
		Gigasporales	Pacisporaceae	Pacispora
			gigasporaceae	Gigaspora
Scutellosporaceae	Scutellospora			
	Orbispora			
Archaesporomycetes	Archaesporales	Racocetraceae	Racocetra	
			Centraspora	
		Dentiscutataceae	Dentiscutata	
	Archaesporaceae	Fuscutata		
		Quantunica		
Ambisporaceae	Archaespora			
	Intraspora			
		Ambispora		

Paraglomeromycetes	Paraglomerales	Geosiphonaceae Paraglomeraceae	Geosiphon Paraglomus
--------------------	----------------	-----------------------------------	-------------------------

1.2.3 *Mecanismos de acción*

Los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) son estructuras simbióticas que contribuyen a la agregación del suelo para poder mantener la porosidad y estar más estable contra la erosión, siendo esta la condición más positiva para las plantas al tener en estado de humedad el suelo y los nutrientes (Pozo, 2024). Son especialistas en compensar agua y nutrientes minerales no disponibles en el suelo, donde mejoran, acumulan y controlan flujos de macronutrientes (Carrillo *et al.*, 2022).

El funcionamiento de la simbiosis micorrízica arbuscular requiere un alto grado de coordinación entre ambos socios, lo que implica un intercambio de señales que conduce al reconocimiento mutuo. Este diálogo molecular, comienza con la primera etapa llamada presimbiótica, la cual inicia con la producción y exudación en la rizosfera de estrigolactonas (SL) por parte huésped. Los hongos perciben los SL por su receptor y estimula el crecimiento y la ramificación de las hifas, lo que aumenta la posibilidad de encontrar la raíz huésped. Esta asociación micorrízica en muchos casos alivia los efectos negativos inducidos por el estrés, haciendo que la planta sea más tolerante a la sequía (Ruíz *et al.*, 2016).

El hongo pone a disposición fósforo (P), nitrógeno (N) y otros elementos esenciales a la raíz del huésped; estos nutrientes a menudo son física y químicamente menos accesible para el huésped, pero puede ser absorbido por el hongo y transportarlo activamente a través del micelio (van't Padje *et al.*, 2021).

1.2.4 *Interacción planta-microorganismo*

Existe una amplia gama de interacción entre microorganismos en los ecosistemas, la rizosfera es el principal sitio donde se presentan microorganismos funcionales que facilitan la circulación de nutrientes como el nitrógeno, son solubilizadores de fosfatos, biocontroladores, entre otros. La interacción entre los microorganismos es compleja y se pueden presentar efectos sinérgicos que potencien los beneficios para las plantas, por el contrario, efectos antagónicos o, simplemente que no existe ningún efecto (Janowski and Leski, 2022).

La interacción simbiótica, asociativa, vida libre y endófitas; son algunos vínculos que se forman entre los distintos microorganismos y las plantas, dependiendo de cómo

interactúan. Las plantas interactúan con los microorganismos a nivel de la superficie del suelo como debajo de la misma, siendo así que incluso genera simbiosis con estos mismos, las relaciones asociativas son cuando los microorganismos y plantas se benefician ambas partes, mientras que los de vida libre son las que viven en las raíces y tienen la capacidad de cumplir todo su ciclo de vida de manera independiente de la planta, por otro lado los microorganismos y plantas establecen interacción endófitas cuando estos microorganismos viven en la parte interna de la planta durante todo su ciclo de vida (Guzmán and Montero, 2021).

1.2.5 Factores que afectan la colonización micorrízica

Existen factores que pueden afectar la actividad micorrízica como son los edáficos, ambientales y biológicos, estos pueden influir significativamente en la colonización y el número de esporas, en distintos cultivos y variedades de una misma especie vegetal. Las propiedades edáficas como la textura de suelo afecta el estatus de la micorriza arbuscular debido a que es uno de los factores que determina el flujo del aire y agua a través del suelo, así como la disponibilidad de nutrientes, contenido de P (65.5 mg/kg) y el arado del suelo reduce la colonización, mientras que el contenido de C (3.66 %), nitrógeno (0.29 %), la relación C/N y la capacidad de intercambio catiónico (23.2 cmol/kg) la favorecen (Carrillo *et al.*, 2021).

En los factores ambientales tenemos los abióticos que incluyen la fertilidad del suelo en P y N alto, pH alto, salinidad superior a 3181 ppm, temperaturas menores a 15°C y fotoperiodos incompatibles al cultivo. Todos estos parámetros afectan las colonias de las raíces, el proceso de formación de esporas, infección micorrízica y germinación de esporas. Entre los bióticos o biológicos se menciona a las plantas, bacterias, hongos y otros microorganismos que pueden inhibir el desarrollo y la esporulación (Alkobaisy, 2022).

1.3 Tierra de diatomeas

1.3.1 Origen y composición

La tierra de diatomeas (TD) es un material mineral natural de origen sedimentario, se comenzó a utilizar desde 1950, provenientes por acumulación de frústulos fosilizados de microalgas, pertenecen al grupo de (Bacillariophyceae) (Rodríguez, 2024) silíceas denominadas diatomeas, utilizado contra diferentes plagas por tener la capacidad de insecticida físico-mecánico (Muñoz *et al.*, 2019).

Su composición es 80-90% dióxido de silicio amorfo ($\text{SiO}_2\text{-nH}_2\text{O}$), misma que es acompañado por pequeñas proporciones de óxido de aluminio, hierro, calcio, y magnesio. Con partículas de diámetro ($<10\ \mu\text{m}$), baja densidad aparente, $\text{pH}<8.5$, partículas de arcilla, misma que dañan la cutícula mediante absorción y abrasión causando la muerte del insecto por desecación (Reka *et al.*, 2021).

1.3.2 Mecanismos de acción

Mecanismos entomológicos: La tierra de diatomeas actúa por contacto directo, donde sus partículas abrasivas dañan el exoesqueleto de los insectos y absorben los lípidos cuticulares, causando pérdida de agua y muerte por desecación (Zeni *et al.*, 2021).

Mecanismos agronómicos: El silicio liberado puede depositarse en los tejidos epidérmicos, reforzando las paredes celulares, reduciendo el daño mecánico y aumentando la tolerancia al estrés biótico y abiótico (Liang *et al.*, 2015). Siendo así, que la aplicación foliar tierra de diatomeas de manera individual y en conjunto frijol chino y maíz, incrementaron el rendimiento de granos y vainas con una dosis de $1.0\ \text{g/L}^{-1}$ (Apáez *et al.*, 2023).

1.3.3 Usos y funciones agrícolas de tierra de diatomeas

Utilizado como biocida, dañando la parte externa de los insectos se pierde por abrasión o absorción de los bordes afilados de los pequeños cristales de sílice que forman las diatomeas, esto ocasiona que el insecto pierda la protección contra la pérdida de agua, produciendo una desecación y muerte, se usa contra todo tipo de plagas como insectos rastreros, voladores, ácaros, entre otros (Sotomayor, 2020).

La conservación de semillas es otro de sus usos, esta desarrolla un efecto protector de los granos almacenados y a su vez mata a los insectos que podrían provocar la pérdida y calidad del grano, tanto para consumo humano como para garantizar semillas (Marrero *et al.*, 2020).

La tierra de diatomeas (TD) también puede ser usada en mezcla con otros fertilizantes debido a que es un producto rico en silicio y suple los micronutrientes que la planta requiere para su desarrollo (Silva *et al.*, 2021).

Se lo puede aplicar como enmienda ya que tiene la capacidad de corregir la acidez absorbiendo metales pesados como el hierro y aluminio, además de mejorar la estructura del suelo y aumentar la retención de nutrientes (Vera, 2020).

Tabla 2. Funciones de la tierra de diatomeas.

Función	Mecanismo principal	Evidencia	Fuente
Biocida natural.	Desecación por abrasión del exoesqueleto.	Ensayos en maíz.	(Cárcamo, 2023).
Fertilizante natural.	Liberación de Si y micronutrientes.	Desarrollo del cultivo.	(Silva <i>et al.</i> , 2021).
Mejorador del suelo.	Adsorción de metales pesados.	Corrector de pH.	(Vera, 2020).

*Si= Silicio.

1.4 Interacción HMA-TD

1.4.1 Sinergia y antagonismo

La aplicación de TD favorece la asimilación de P por parte de las plantas, permitiendo la liberación P fijado en el suelo a formas biodisponibles (Sandhya *et al.*, 2018). A su vez, las micorrizas ayudan a las plantas a absorber los nutrientes del suelo, principalmente el P y N, que son fundamentales para el cultivo (Carcelén, 2023). Ambas acciones en conjunto pueden provocar un exceso P, afectando a las micorrizas, por ende disminuyendo la colonización de las raíces, (Trejo *et al.*, 2020).

El arsénico (As) reduce el crecimiento y rendimiento del gandul. El Silicio (Si) y hongos micorrízicos arbusculares (HMA) mejoran la absorción de nutrientes, la biomasa, la clorofila y los atributos reproductivos, además de reducir la toxicidad del As. La combinación de Si + HMA muestra un efecto sinérgico, aumentando la micorrización, la acumulación de azúcares y la biosíntesis de prolina, lo que refuerza la tolerancia al estrés y sostenibilidad del cultivo (Bhalla and Garg, 2021).

CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Caracterización del área

El ensayo se realizó durante los meses de enero a mayo del 2025 en el recinto Río Nuevo, de la parroquia Colonche, Santa Elena-Ecuador, a una altura aproximada de 50 msnm, ubicado en 2.014595°, -80.585913° de latitud y una topografía con pendiente inferior al 2%.



Figura 1. Ubicación del área de instalación del ensayo en el recinto Río Nuevo-Colonche (Google Maps, 2025).

2.2 Materiales, equipos y reactivos

2.2.1 *Material biológico*

Material vegetal: Se usó semillas recicladas de maíz criollo, que fue procedente del sector agrícola del Recinto San Pedro, que está ubicado en la Parroquia Las Américas-Jipijapa de la provincia de Manabí.

Material biológico: Para la incidencia de afectación del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) se utilizó tierra de diatomeas (Fossil Shell Agro) y para la inoculación micorrízica se usó el producto ECOFUNGI (inoculante micorrízico arbuscular).

2.2.2 *Material de campo*

- Semillas.
- Estacas.
- Tierra de diatomeas.
- Micorriza.
- Urea y Map.

- Azadón.
- Bomba de riego.
- Bomba para fumigar.
- Cucharas medidoras.
- Rótulos de madera.
- Fundas ziploc.
- Marcador permanente.
- Tanque.
- Uniones y empates.
- Machete.
- Mangueras.
- Guantes.
- Mascarillas.

2.2.3 *Material de oficina*

- Computadora portátil.
- Libreta de campo.
- Bolígrafo.
- Impresora.
- Hojas.
- Cámara.
- Teléfono.

2.2.4 *Material para la colecta de muestras de suelo*

- Pala.
- Marcador permanente.
- Pico.
- Fundas ziploc.

2.2.5 *Material para la colecta de semillas y plantas*

- Fundas de papel.
- Marcador permanente.
- Cinta de papel.
- Fundas de plástico.

2.2.6 *Material de laboratorio*

- Guantes.
- Mandil.
- Fundas de papel.
- Ficha técnica.
- Esferos.
- Hojas de registro de datos.

2.2.7 *Equipos de laboratorio*

- Balanza.
- Estufa de circulación de aire (GX-125BE, REBELK y MEMMERT).

2.3 Tipo de investigación

La investigación fue de tipo experimental, ya que implica la manipulación deliberada de variables independientes (inoculación micorrízica y aplicación de tierra de diatomeas) para observar su efecto en variables dependientes (crecimiento, rendimiento y resistencia del maíz criollo). Este enfoque permite establecer relaciones causa-efecto.

2.4 Diseño de investigación

2.4.1 *Diseño experimental*

El experimento se estableció bajo un diseño experimental bifactorial (2×2) en un diseño completamente al azar (DCA), con el objetivo de evaluar los efectos principales y la interacción entre los factores inoculación micorrízica (con y sin aplicación de hongos micorrízicos arbusculares) y tierra de diatomeas (con y sin aplicación). Se conformaron por cuatro tratamientos correspondientes a las combinaciones de ambos factores, con cuatro repeticiones cada uno, para un total de dieciséis unidades experimentales.

Tabla 3. Descripción de los tratamientos del experimento en el Recinto Río Nuevo-Colonche, durante el 2025.

Tratamientos	Código	Tratamientos		Descripción
		HMA	TD	
1	T1 -HMA-TD	-	-	Testigo sin inoculación
2	T2 -HMA+TD	-	+	Aplicación de TD
3	T3 +HMA-TD	+	-	Inoculación de HMA
4	T4 +HMA+TD	+	+	Inoculación de HMA más TD

*HMA= Hongos micorrízicos arbusculares, *TD= Tierra de diatomeas.

Tabla 4. ANOVA fuente de variación y grados de libertad de los factores considerados en el experimento.

Fuente de variación	Formula	Grados de libertad
Tratamientos	t-1	3
Repeticiones	r-1	3
TD	1	1
HMA	1	1
TD+HMA	1	1
Error	$(t-1) \times (r-1)$	9
Total	$(t \times r) - 1$	15

*r= Número de tratamientos, *r= Número de repeticiones, *TD= Tierra de diatomeas, *HMA= Hongos micorrízicos arbusculares.

Se utilizó un área de 828 m² en el experimento, donde está constituida por 16 parcelas con un área total de 38 m², cada uno conteniendo sus respectivos tratamientos. En cada parcela se establecieron tres hileras del cultivo de maíz a una distancia entre planta de 30 cm para una densidad de plantación 47.620 plantas/hectáreas, considerando un efecto de borde a 1 m desde la cerca a la parcela y sembrando 1.40 m desde la cerca, los tratamientos tuvieron una distancia de 1 m entre parcelas y 40 cm entre repeticiones (figura 2 y 3).

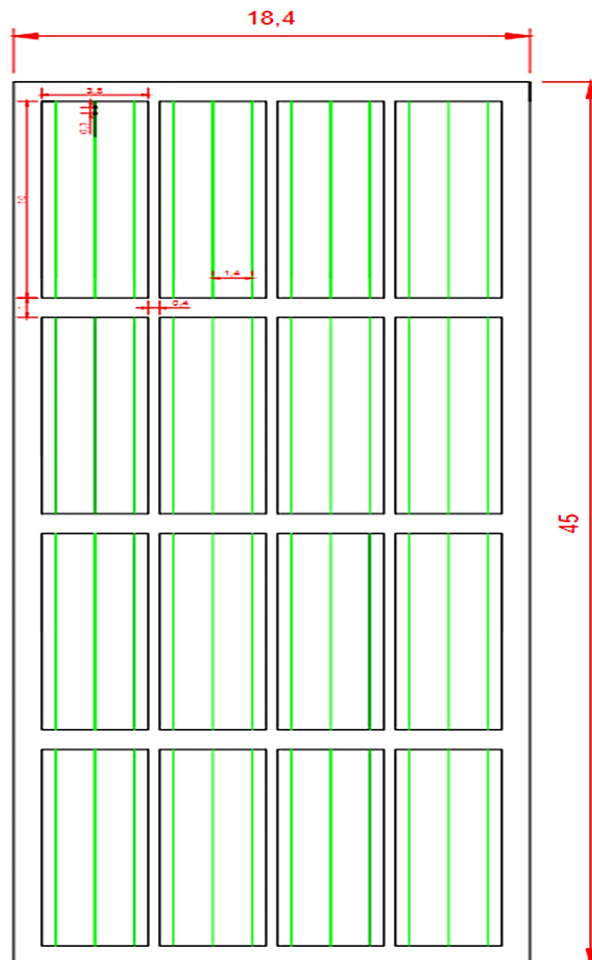


Figura 2. Plano del área experimental con las parcelas.

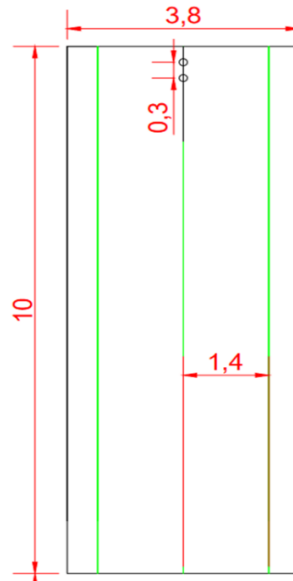


Figura 3. Parcela con sus medidas y distancias de siembra.

REPETICIÓN 1	REPETICIÓN 2	REPETICIÓN 3	REPETICIÓN 4
T2 -HMA +TD	T3 +HMA -TD	T4 +HMA +TD	T3 +HMA -TD
T4 +HMA +TD	T2 -HMA +TD	T1 -HMA -TD	T1 -HMA -TD
T3 +HMA -TD	T1 -HMA -TD	T3 +HMA -TD	T2 -HMA +TD
T1 -HMA -TD	T4 +HMA +TD	T2 -HMA +TD	T4 +HMA +TD

Figura 4. Área experimental con sus repeticiones y tratamientos.

2.5 Manejo del experimento

2.5.1 Medición del terreno

Se realizó la visita a la finca para poder delimitar el área del terreno, para ello se usó puntales y alambre de púas para el cercado del área experimental y así evitar el ingreso de ganado, luego se levantó la información planimétrica con las medidas obtenidas.

2.5.2 Muestreo de suelos

Se ejecutó el muestreo de suelo, dónde se hizo un recorrido en zigzag por el área, tomando cinco submuestras a 20 cm de profundidad conformando una muestra compuesta de 1 kg, las cuales fueron enviadas al Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIAP) para la determinación de sus componentes, tanto físicas como químicas del suelo.

Tabla 5. Resultados físico químicos de suelo del área del experimento en Río Nuevo. colonche, Santa Elena, (Laboratorios INIAP).

Parámetros	Unidad	Resultados	Interpretación
Clase Textural	%	Arena: 36 Limo: 48 Arcilla: 16	Franco
pH	LIA	7.9	Ligeramente Alcalino
NH4	ug/ml	10	Bajo
P	ug/ml	15	Medio
K	ug/ml	1088	Alto
Ca	ug/ml	2999	Alto
Mg	ug/ml	391	Alto
M.O.	%	1.60	Bajo

*ug/ml= Microgramo/mililitro.

2.5.3 Preparación del terreno

Para la preparación del área experimental se realizó un sistema de labranza cero, con un desbroce manual de todo el terreno.

2.5.4 Preparación e implementación del sistema de riego

Para el ensayo se utilizó un sistema de riego por goteo (cintas de riego), misma que contaba con emisores cada 30 cm, permitiendo una correcta distribución y penetración del agua en las raíces de las plantas. Las cintas de riego estuvieron conectadas a una manguera principal, donde cada cinta tuvo una distancia entre líneas de 1.40 m, siendo el espacio de las hileras.

Con el fin de evitar tanto la saturación como el déficit de agua, se aplicó el riego según la capacidad de campo (CC) manteniendo la humedad del suelo cerca del punto máximo de retención hídrica posterior al drenaje, la observación del contenido de humedad del suelo en la franja de 0 a 20 cm, sirvió para determinar los periodos de riego y garantizar que el cultivo tuviera suficiente agua durante las etapas críticas de su desarrollo.

El requerimiento hídrico reportado por FAO Allen *et al.* (2006) y adaptado a las condiciones semiáridas de la provincia de Santa Elena, el cultivo demanda entre 500 y 700mm de lámina total de agua por ciclo. En este estudio, se programó el riego para conservar la evapotranspiración del cultivo (ETc) a partir de la ecuación general:

$$ETc = ETo \times Kc$$

Donde:

ETc = Evapotranspiración del cultivo (mm/día)

ETo = Evapotranspiración de referencia (mm/día), calculada por el método de Penman–Monteith FAO

Kc = Coeficiente del cultivo, variable según la etapa fenológica

Los coeficientes de cultivo utilizados fueron:

Kc inicial: 0.30 (emergencia a V4)

Kc medio: 1.15 (floración y llenado de grano)

Kc final: 0.70 (madurez fisiológica)

En promedio, se aplicaron riegos cada tres a cinco días, equivalentes a una lámina aproximada de 25 a 35 mm por evento, garantizando una humedad adecuada en la zona radicular activa de la planta.

Con este manejo permitió mantener el cultivo con un balance hídrico óptimo, asegurando la expresión del potencial productivo y reduciendo el estrés hídrico durante las etapas críticas (V6–VT y R1–R3).

2.5.5 Adecuación del área experimental

Se llevó a cabo con cinta métrica, piola, estacas, donde se empezó a medir y a dividir el área de cada repetición con sus respectivos tratamientos, además se colocó carteles para la ubicación de los mismos.



Figura 5. División del área experimental por tratamientos.

2.5.6 Siembra

Se sembró dos semillas por gotero (una en cada lado) a una profundidad de 4 cm con una distancia de 30 cm entre plantas y 1.40 m entre líneas con una densidad de plantación 47.620 plantas/hectáreas.

2.5.7 Fertilización

A partir del análisis físico-químico del suelo de la zona experimental (Tabla 5), que indicó una textura franca, un pH ligeramente alcalino de 7.9, contenido medio de fósforo disponible (15 mg/kg) y un bajo nivel de materia orgánica (1.6%), se diseñó un plan de fertilización balanceado para cubrir las necesidades nutricionales del cultivo de maíz criollo con un rendimiento esperado de 3 t/ha. Dado que los niveles de potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg) estaban elevados, la estrategia de fertilización se orientó principalmente al suministro de nitrógeno (N) y fósforo (P).

La planificación se efectuó mediante el método del balance de nutrientes, el cual permite calcular la dosis óptima de nutrientes y de fertilizantes a aplicar según la diferencia entre la demanda del cultivo (D), el suministro de nutrientes y ajustada por la eficiencia del fertilizante (Ef), según la siguiente expresión general:

$$DN = \frac{D - S}{Ef}$$

Donde:

DN= Dosis del nutriente (kg/ha).

D= Demanda del nutriente (kg/ha).

Ef= Eficiencia de la fertilización.

S= Suministro de nutrientes.

Una vez determinadas las dosis de nutrientes requeridas por el cultivo se calculó la dosis de fertilizante.

$$QF = \frac{DN}{\%Nf}$$

Donde:

QF= Cantidad de fertilizante a aplicar (kg/ha).

DN= Dosis de nutriente requerido por el cultivo (kg/ha).

%Nf= Porcentaje de nutriente presente en el fertilizante.

Esta fórmula se fundamenta en el principio del balance de nutrientes. En la tabla 6 se detalla el plan de fertilización.

Tabla 6. Plan de fertilización aplicado al cultivo de maíz criollo.

Fertilizante	Kg/ha aplicados	Aporte de N (kg/ha)	Aporte de P (kg/ha)	Dosis por planta (g)	Momento de aplicación	Observaciones
MAP	92	11	55	2.15	Siembra	Fuente principal de fósforo.
Urea	85	39	—	2.00	Siembra	Complemento nitrogenado.
Urea	109	50	—	2.42	25 DDE	Segunda fracción de N.

*MAP= Fosfato monoamónico *DDE= Días después de la emergencia.

2.5.8 Aplicación de tierra de diatomeas

La aplicación de tierra de diatomeas se la ejecutó en tres momentos, en la primera aplicación fue de manera edáfica al momento de la siembra, la segunda aplicación fue de manera foliar donde se la hizo a los 23 días después de la emergencia (DDE), y la tercera y última aplicación misma que fue foliar se aplicó a los 43 DDE (Sánchez, 2025).

Tabla 7. Plan de aplicación de tierra de diatomeas.

Aplicación	área	Litros	Tierra de Diatomeas (g)
Edáfica	304m ²	6	304
Foliar	304m ²	7	60.8

Se calculó el área total de los tratamientos que se les aplicó tierra de diatomeas, cada tratamiento contaba con 38 m² de área, 8 tratamientos tuvieron la aplicación de tierra de diatomeas.

Tabla 8. Composición de FOSSIL SHELL AGRO (Tierra de diatomeas).

ELEMENTOS	PORCENTAJE
Silicio	92.00%
Hierro	0.72%
Aluminio	0.65%
Óxido de Calcio	0.55%
Calcio	0.42%
Óxido de Magnesio	0.34%
Magnesio	0.31%
Sodio	0.26%
Titanio	0.20%
Potasio	0.18%
Boro	0.16%
Cloruros	0.074%
Sulfatos y Sulfuros	0.06%
Fósforo	0.04%
Estroncio	0.01%
Zirconio	0.005%
Manganeso	0.005%
Galio	0.002%
Zinc	0.002%
Vanadio	0.002%
Cobre	0.001%

2.5.9 Aplicación de micorriza

Se la aplicó de manera edáfica al momento de la siembra con 5 g de inoculante en un litro de agua, donde en cada hoyo se colocó 5 mL de la solución preparada (Arroyo *et al.*, 2019).

Tabla 9. Composición de inoculante comercial ECOFUNGI (Hongos micorrízicos arbusculares) (EcoMicrobials)

MICROORGANISMOS	PORCENTAJE
<i>Bacillus firmus</i>	51.2 millones UFC/g.
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	51.2 millones UFC/g.
<i>Bacillus subtilis</i>	51.2 millones UFC/g.
<i>Bacillus licheniformis</i>	51.2 millones UFC/g.
<i>Bacillus megaterium</i>	51.2 millones UFC/g.
<i>Bacillus pumilus</i>	51.2 millones UFC/g.
<i>Bacillus azotoformans</i>	51.2 millones UFC/g.
<i>Bacillus coagulans</i>	51.2 millones UFC/g.
<i>Paenibacillus polymyxa</i>	51.2 millones UFC/g.
<i>Paenibacillus durum</i>	51.2 millones UFC/g.

<i>Pseudomonas aurofaciens</i>	10.24 millones UFC/g.
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	10.24 millones UFC/g.
<i>Pseudomonas putida</i>	10.24 millones UFC/g.
<i>Streptomyces coelicolor</i>	10.24 millones UFC/g.
<i>Streptomyces lydicus</i>	10.24 millones UFC/g.
<i>Streptomyces griseus</i>	10.24 millones UFC/g.
<i>Trichoderma harzianum</i>	10.24 millones UFC/g.
<i>Trichoderma reesei</i>	10.24 millones UFC/g.
<i>Trichoderma hamatum</i>	10.24 millones UFC/g.

*UFC/g: Unidades formadores de colonia/gramo.

2.5.10 Control fitosanitario

Control de arvenses: Para el control de arvenses se lo hizo de manera manual con ayuda de machetes durante todo el periodo vegetativo para mantener libre de malezas el área y no generar plagas.

Control químico: Se realizó un monitoreo frecuente para determinar la eficacia de tierra de diatomeas en el control de plagas, por ello no se realizó ninguna aplicación química.

2.5.11 Cosecha

Se cosechó de manera manual cuando el maíz alcanzó su punto de madurez fisiológica, para evaluar el rendimiento del grano, se seleccionó la hilera central con un área de 4×1.40 m para la cosecha de cada uno de los tratamientos.

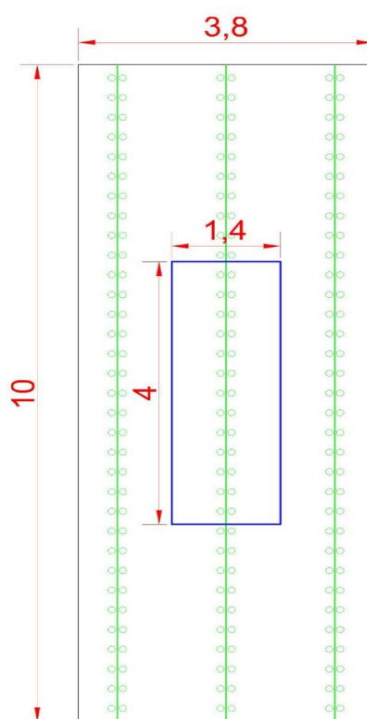


Figura 6. Área de cosecha del maíz criollo.

2.6 Parámetros evaluados

2.6.1 Morfológicos

Altura de la planta: Se midió con un flexómetro, desde la base del tallo hasta la hoja bandera los 14, 28, 42 y 56 días después de la emergencia (Guamán *et al.*, 2020).

Diámetro del tallo: Se midió con una cinta métrica, desde la base del tallo a los 14, 28, 42 y 56 días después de la emergencia (Maza, 2022).

Número de hojas: Se contabilizó el número de hojas a los 14, 28, 42 y 56 días después de la emergencia (Ochoa, 2021).

2.6.2 Productivos

Número de mazorcas por planta: Se contabilizó los números de mazorcas por plantas de cada uno de los tratamientos (De la Cruz and Sevilla, 2019).

Rendimiento Kg/ha: Se seleccionó el área de cosecha para cada uno de los tratamientos del experimento, donde una vez realizada la cosecha de las mazorcas se procedió a desgranar y limpiar los granos.

Se pesó el grano total, luego se tomó una submuestra de 200 g de semilla por cada tratamiento, mismas que fueron puestas en una funda de papel para ser colocadas en una estufa de circulación de aire a 75°C durante 48 horas. Después de haber concluido el tiempo se sacó para pesar las muestras y luego seleccionar 200 granos para colocarlos nuevamente en la estufa a 75 °C durante 24 horas, por último, se sacó y peso para obtener los datos y calcular el rendimiento en toneladas por hectáreas (t/ha).

Estos datos de peso obtenidos se usó para el ajuste del rendimiento a base de la masa seca y expresarlo en toneladas por hectárea (t/ha) siguiendo la metodología propuesta por el International Maize and wheat Improvement Center (Centro internacional de mejoramiento de maíz y trigo, 2012).

2.6.3 Eficiencia micorrízica

La eficiencia micorrízica se determinó a partir de la masa seca por la recolección de una planta por tratamiento, tanto las inoculadas con hongos micorrízicos arbusculares como las no inoculadas con micorrizas, se los trituro para poder tener trozos y poderlas ubicar en las fundas de papel con sus respectiva repeticiones y tratamientos. Las muestras fueron

sometidas a una estufa de circulación de aire (REBELK y GX-125BE) a una temperatura de 75 °C durante 48 horas, con la finalidad de retirar la humedad y tener un peso seco constante. Con esta información se determinó la eficiencia micorrízica (EM), la cual representa el porcentaje del crecimiento vegetal atribuido a la colonización micorrízica, utilizando la fórmula establecida por (Plenchette *et al.*, 1983).

Fórmula para determinar la eficiencia micorrízica:

$$EM (\%) = \frac{P_m - P_{nm}}{P_{nm}} \times 100$$

Donde:

EM= Eficiencia micorrízica (%).

P_m= Peso seco de las plantas micorrizadas (g).

P_{nm}= Peso seco de las plantas no micorrizadas (g).

Esta fórmula nos permite medir el efecto de las micorrizas sobre la biomasa del cultivo de maíz criollo.

2.6.4 Evaluación de plagas y enfermedades

Para el método de evaluación se lo realizó con la metodología de la escala de Davis se basa en evaluar nueve niveles de daño alcanzado por el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en el maíz (*Zea mays* L.), donde se inspecciona el cultivo de manera visual para evaluar el nivel de daño en que se encuentra la planta y poder identificar el nivel de control (Chuchon, 2025).

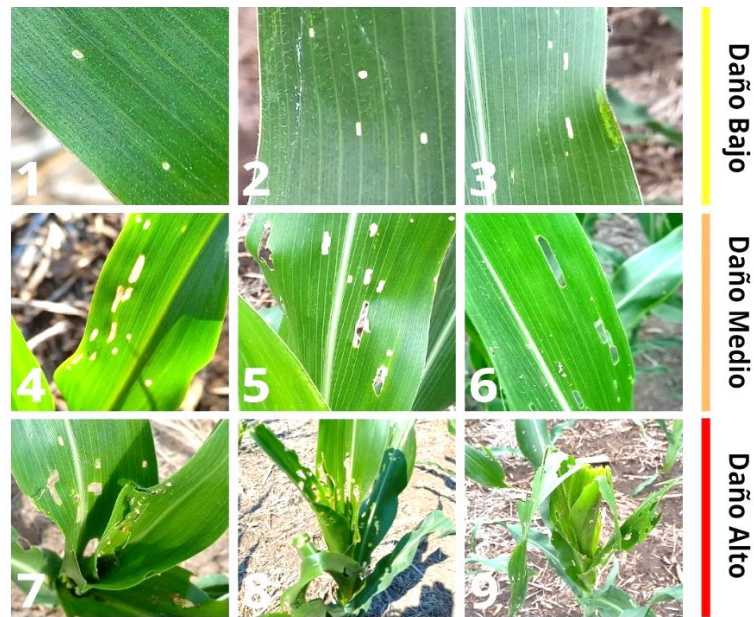


Figura 7. Escala de daño gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en maíz (*Zea mays* L).

De 0-1 nos indica Hojas sin daño o simples, causada por larvas de primer estadio (L1), 2-4 es momento de control ya que causa lesiones tipo ventanillas, de 1 a 2 mm de diámetro, causadas por larvas de segundo y tercer estadio, 5-6 aquí presentan agujeros de diferentes tamaños con daños en cogollo con pocas heces visibles con larvas de estadios L4-L5 y 7-8-9 destrucción del cogollo, con tapón de heces de tipo aserrín con larvas de L6 impidiendo los controles (Chuchon, 2025).

2.7 Análisis estadístico de los resultados

Los datos obtenidos de las variables evaluadas fueron organizados en hojas de cálculo Excel y posteriormente analizados con el software estadístico SISVAR 5.8 (Ferreira, 2019). Previamente al análisis comparativo, se verificaron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas requeridos por los modelos paramétricos.

La normalidad de los datos se evaluó mediante la prueba de Shapiro–Wilk ($\alpha = 0.05$) y la homogeneidad de varianzas con la prueba de Bartlett ($\alpha = 0.05$). Las variables cumplieron ambos supuestos y se analizaron mediante ANOVA bifactorial, considerando factores de presencia/ausencia de micorrizas arbusculares (HMA) y la presencia/ausencia de tierra de diatomeas (TD), así como su interacción (HMA \times TD).

CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultados

3.1 Efectos en los parámetros morfológicos

En la tabla 10, se presentan los resultados del análisis de varianza (ANOVA) de las variables morfológicas altura de la planta (AP), diámetro del tallo (DT), número de hojas (NH) evaluados a los 14, 28, 42 y 56 días después de la emergencia (DDE), considerando los factores de inoculación hongos micorrízicos arbusculares (HMA) y aplicación de tierra de diatomeas (TD).

El análisis no mostró diferencia significativa con relación al ($p < 0.05$) para ninguno de los efectos principales, ni para interacción HMA \times TD en los cuatro momentos evaluados cada variable morfológica.

Tabla 10. ANOVA de variables morfológicas, altura de la planta (AP), diámetro del tallo (DT), número de hojas (NH) de la planta, evaluadas a los 14, 28, 42 y 56 días después de la emergencia.

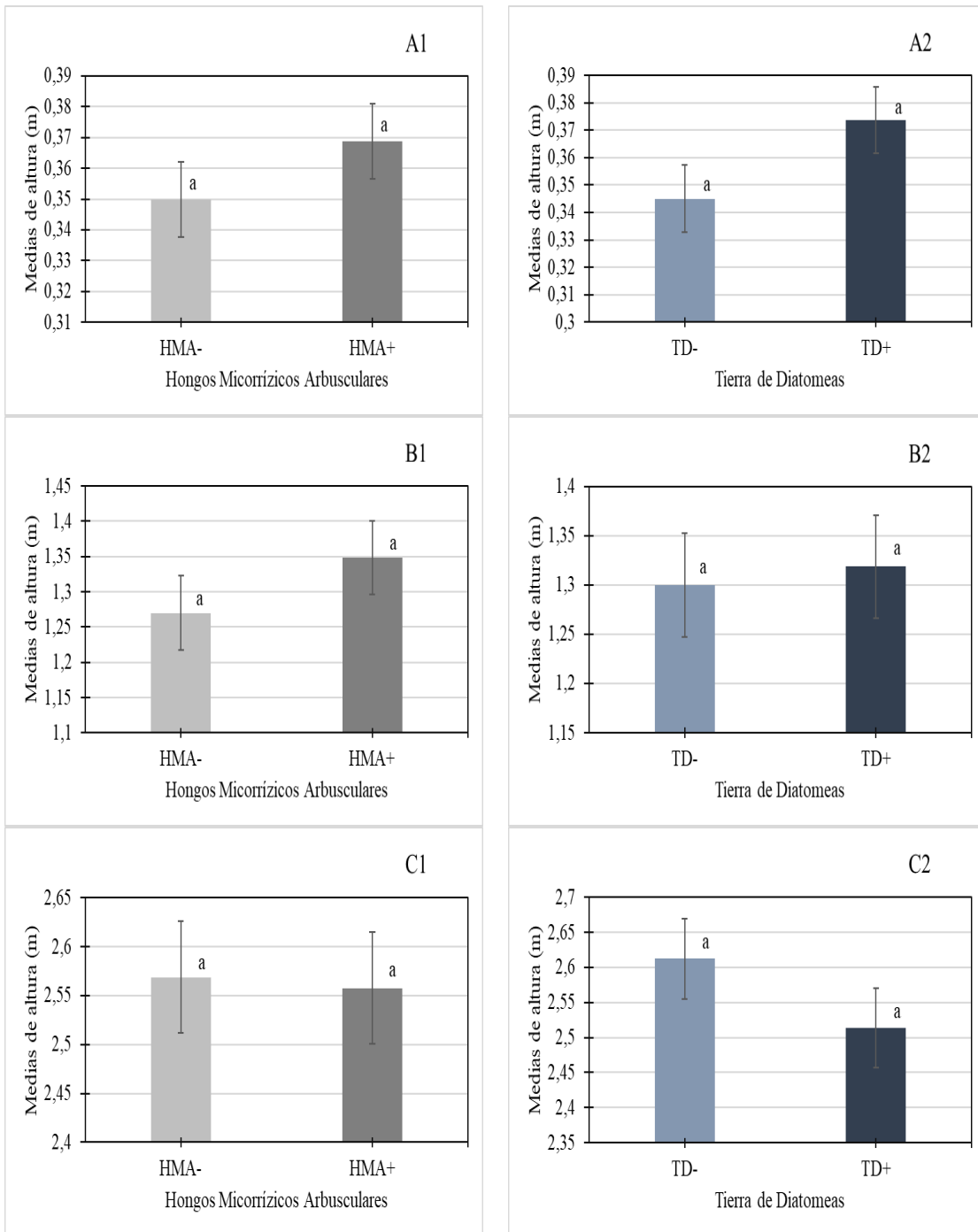
VARIABLES MORFOLÓGICAS									
FV	GL	14 DDE		28 DDE		42 DDE		56 DDE	
		SC	p-valor	SC	p-valor	SC	p-valor	SC	p-valor
Altura de la planta (m)									
HMA	1	0.0014	0.2999 ^{ns}	0.0248	0.3091 ^{ns}	0.0005	0.8916 ^{ns}	0.0027	0.7597 ^{ns}
TD	1	0.0033	0.1225 ^{ns}	0.0014	0.8047 ^{ns}	0.0390	0.2451 ^{ns}	0.0451	0.2294 ^{ns}
HMA+TD	1	0.0014	0.2999 ^{ns}	0.0116	0.4824 ^{ns}	0.1139	0.0587 ^{ns}	0.0540	0.1911 ^{ns}
Error	12	0.0143		0.2639		0.3133		0.3378	
CV%		9.63		11.33		6.30		4.73	
Media general		0.359		1.309		2.563		3.544	
Diámetro del tallo (m)									
HMA	1	0.000006	0.6396 ^{ns}	0.00002	0.5390 ^{ns}	0.000025	0.5098 ^{ns}	0.001056	0.3855 ^{ns}
TD	1	0.000006	0.6396 ^{ns}	1	0.9975 ^{ns}	1	0.9975 ^{ns}	0.001406	0.3192 ^{ns}
HMA+TD	1	0.000006	0.6396 ^{ns}	1	0.9975 ^{ns}	0.000025	0.5098 ^{ns}	0.0156	0.3855 ^{ns}
Error	12	0.0003		0.0008		0.0006		0.0156	
CV%		14.11		8.43		7.96		37.25	
Media general		0.0368		0.0937		0.0925		0.0968	
Número de hojas (unidad)									
HMA	1	0.2500	0.2717 ^{ns}	0.4900	0.4109 ^{ns}	0.1600	0.5027 ^{ns}	0.0025	0.9151 ^{ns}
TD	1	0.0400	0.6531 ^{ns}	0.1877	0.9975 ^{ns}	0.2500	0.4046 ^{ns}	0.3025	0.2541 ^{ns}
HMA+TD	1	1	0.9975 ^{ns}	0.3600	0.4792 ^{ns}	0.0400	0.7357 ^{ns}	0.0625	0.5961 ^{ns}
Error	12	2.2600		8.1000		4.0200		2.5300	
CV%		7.58		8.49		4.50		2.95	
Media general		5.7250		9.6750		12.8750		15.5625	

*HMA= Hongos micorrízicos arbusculares, *TD= Tierra de diatomeas, DDE= Días después de la emergencia, *GL= Grados de libertad, *CV= Coeficiente de variación, *SC= Suma de cuadrados, *ns= No significativo.

3.1.1 Altura de la planta

Se visualiza que a pesar de no haber significancia en todos los momentos evaluados de altura de la planta (AP), presentan una tendencia positiva en las plantas inoculadas con hongos micorrízicos arbusculares (HMA) y tierra de diatomeas (TD), a los 14 y 28 días después de la emergencia (DDE).

A los 42 DDE presentó una mayor tendencia, las plantas no inoculadas (sin HMA) y TD mientras que a los 56 DDE las plantas con HM y sin TD fueron mayores.



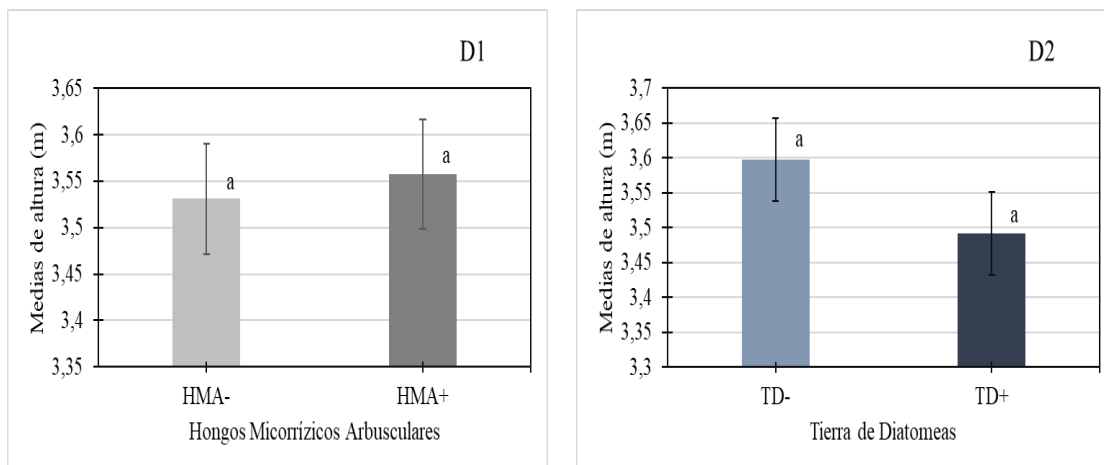
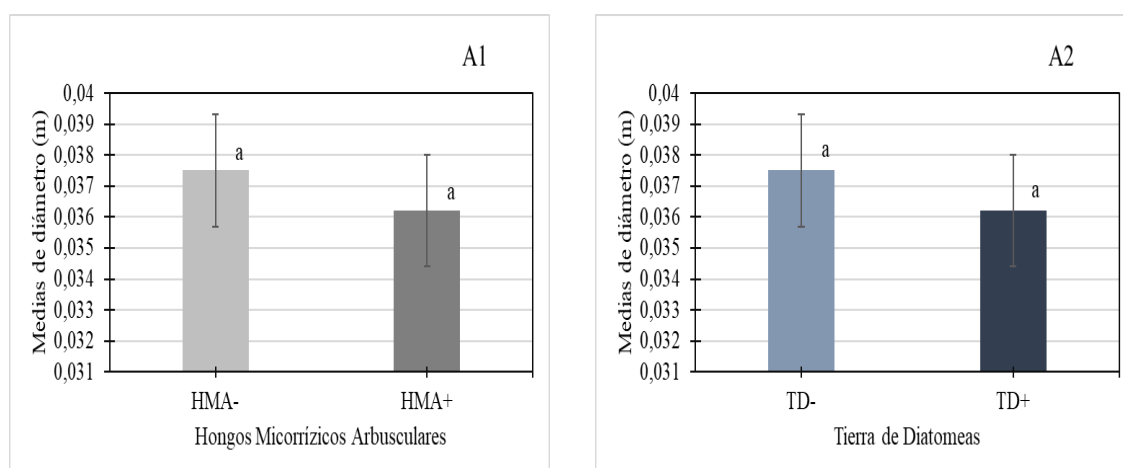


Figura 8. Altura promedio de las plantas de maíz criollo bajo la inoculación con HMA (+HMA) o no (-HMA) (1) y TD (+TD) o no (TD) (2) evaluadas a los 14 (A) Medias de altura de la planta, evaluada a los 14 (A), 28 (B), 42 (C) y 56 (D) días después de la emergencia de las plantas. Medias de la misma letra no difieren estadísticamente entre si según el test de tukey ($p < 0.05$). Barras representan el error padrón de la muestra para cuatro repeticiones.

3.1.2 Diámetro del tallo

No se detectaron diferencias significativas ($p < 0.05$). Sin embargo, entre 14 y 42 días después de la emergencia (DDE) se observó en las plantas sin Hongos micorrízicos arbusculares (HMA) y sin Tierra de diatomeas (TD) tuvieron una tendencia positiva, mientras que a los 42 y 56 DDE el tratamiento con HMA+TD superó levemente al resto. La elevada variabilidad a 56 DDE ($CV = 37.25\%$) reduce la potencia para detectar efectos pequeños, por lo que estas diferencias deben interpretarse con cautela.



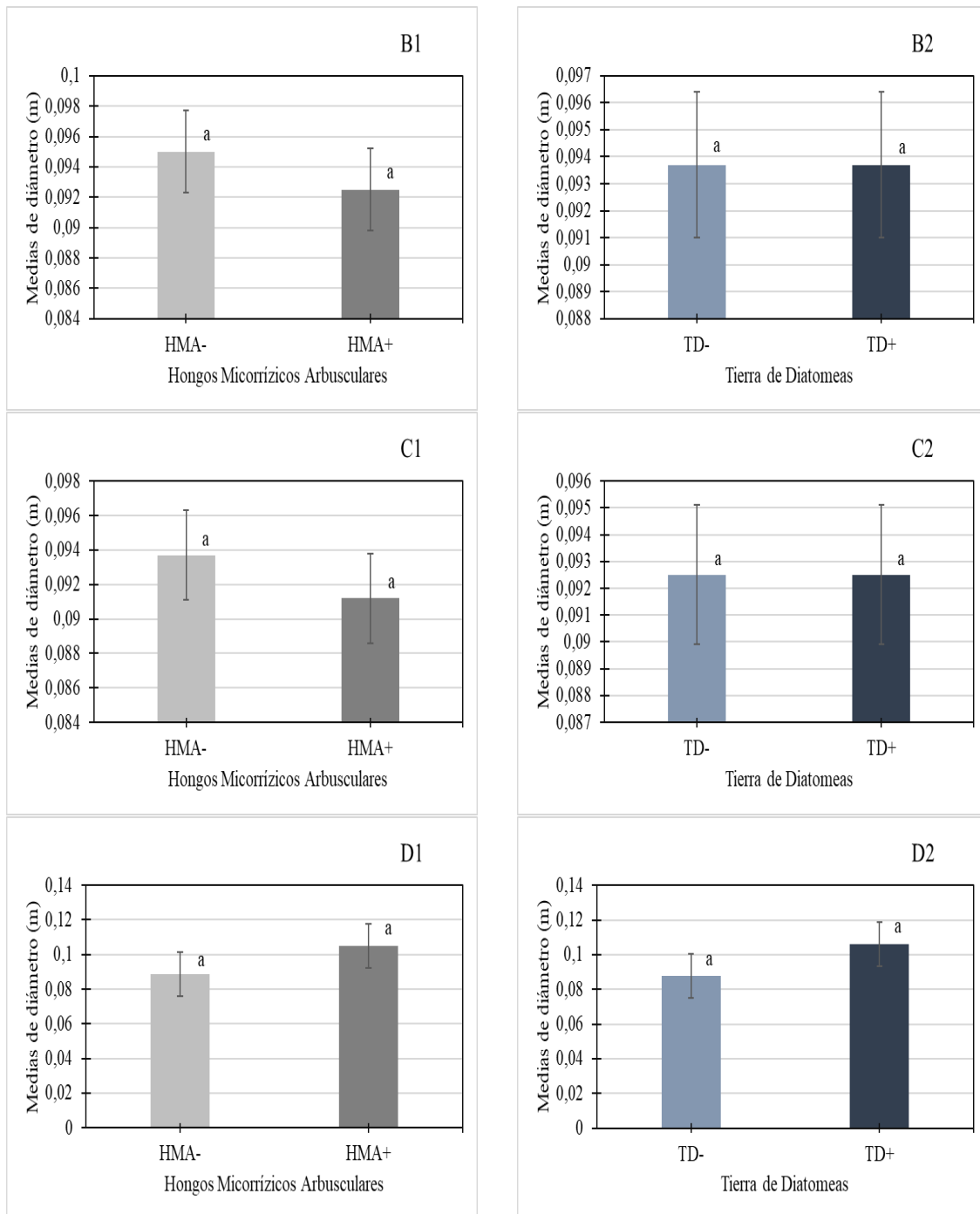
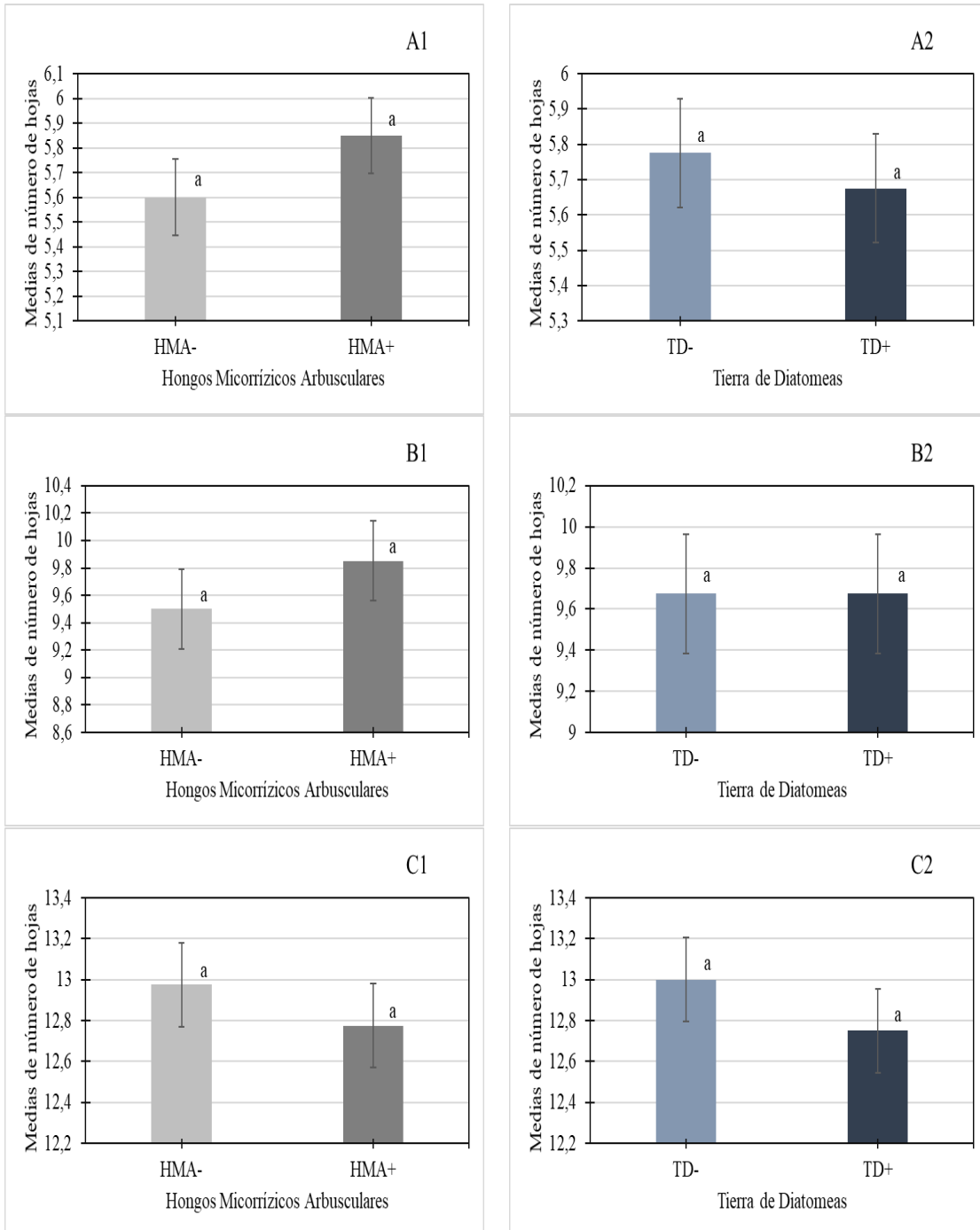


Figura 9. Diámetro del tallo de las plantas de maíz criollo bajo la inoculación con HMA (+HMA) o no (-HMA) (1) y TD (+TD) o no (TD) (2) evaluadas a los 14 (A) Medias de altura de la planta, evaluada a los 14 (A), 28 (B), 42 (C) y 56 (D) días después de la emergencia de las plantas. Medias de la misma letra no difieren estadísticamente entre si según el test de Tukey ($p < 0.05$). Barras representan el error padrón de la muestra para cuatro repeticiones.

3.1.3 Número de hojas

El número de hojas (NH) no difirió entre tratamientos ($p < 0.05$). A los 14-42 DDE, los promedios tendieron a ser mayores con hongos micorrízicos arbusculares (HMA), mientras que respecto a tierra de diatomeas (TD), los tratamientos sin TD mostraron valores ligeramente superiores en todas las fechas. Dado que las diferencias fueron pequeñas y no significativas, se consideran tendencias no concluyentes.



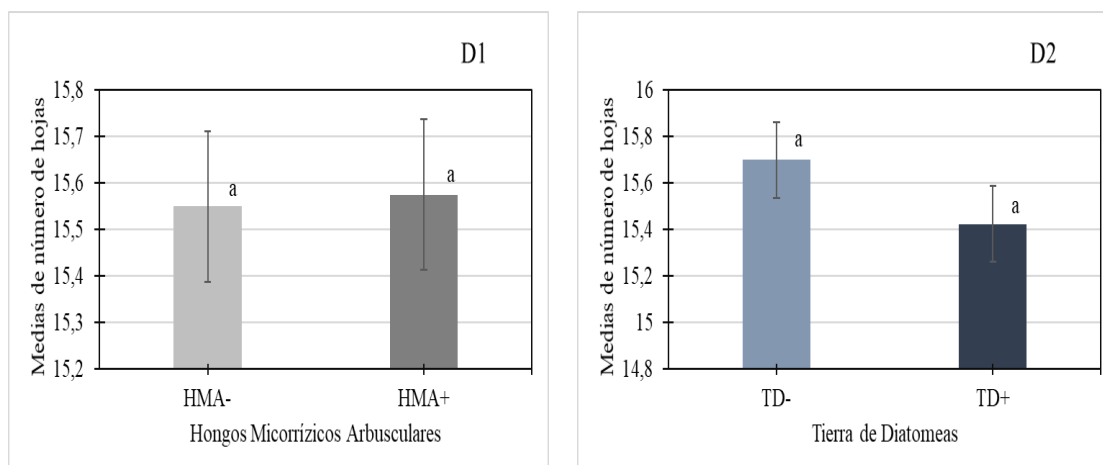


Figura 10. Número de hojas promedio de las plantas de maíz criollo bajo la inoculación con HMA (+HMA) o no (-HMA) (1) y TD (+TD) o no (TD) (2) evaluadas a los 14 (A) Medias de altura de la planta, evaluada a los 14 (A), 28 (B), 42 (C) y 56 (D) días después de la emergencia de las plantas. Medias de la misma letra no difieren estadísticamente entre si según el test de tukey ($p < 0.05$). Barras representan el error padrón de la muestra para cuatro repeticiones.

3.2 Efectos en las variables productivas

En la tabla 11 se presentan los resultados del análisis de varianza (ANOVA) de las variables productivas número de mazorcas (NM) y rendimiento, considerando los factores de inoculación de hongos micorrizicos arbusculares (HMA) y aplicación de tierra de diatomeas (TD).

Para NH y RP, el ANOVA no mostro efectos de HMA, TD, ni su interacción ($p < 0,05$). Aun así, se describen a continuación las tendencias observadas y sus magnitudes.

Tabla 11. Resumen ANOVA de los parámetros productivos, número de mazorcas (NM) y rendimiento productivo (RP) del cultivo de maíz criollo (*Zea mays* L.)

Variables productivas			
FV	GL	SC	p-valor
Número de mazorcas			
HMA	1	0.0100	0.4536 ^{ns}
TD	1	0.0100	0.4536 ^{ns}
HMA+TD	1	0.0100	0.4536 ^{ns}
Error	12	0.2000	
CV%		12.01	
Media general		1.0750	
Rendimiento productivo			
HMA	1	0.2093	0.1477 ^{ns}
TD	1	0.0014	0.9012 ^{ns}
HMA+TD	1	0.1350	0.2376 ^{ns}
Error	12	1.0487	
CV%		23.11	
Media general		1.2793	

HMA: Hongos micorrizicos arbusculares, *TD: Tierra de diatomeas, * GL: Grados de libertad, * SC: Suma de cuadrados, *CV: Coeficiente de variación. * ns= No significativo.

3.2.1 Número de mazorcas

El NM fue estadísticamente similar entre tratamientos ($p < 0.05$). Numéricamente, la inoculación con HMA en presencia de TD incrementó levemente el NM, mientras que en ausencia de HMA las plantas con TD también superaron marginalmente el testigo. Estas diferencias carecen de respaldo estadístico, por lo que no se concluye un efecto productivo de HMA o TD bajo las condiciones del ensayo.

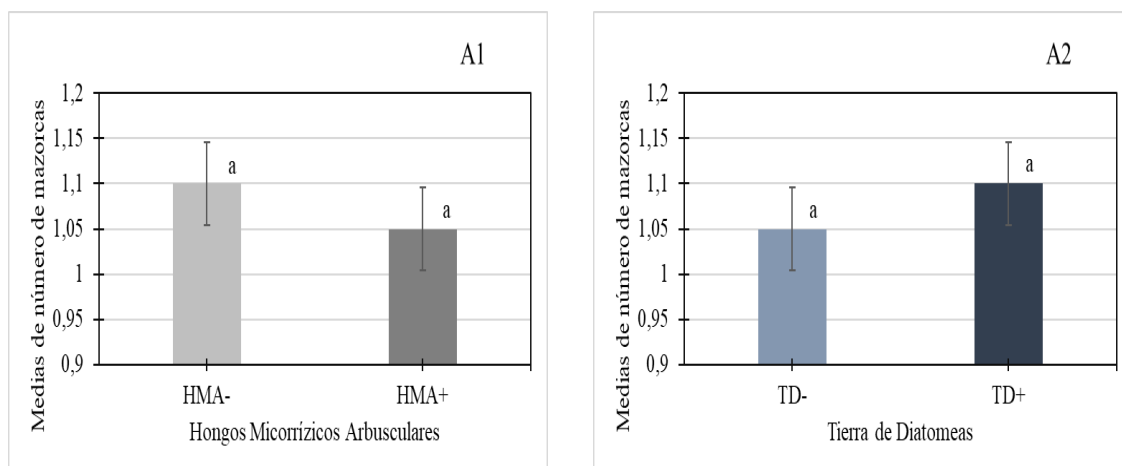


Figura 11. Promedio de número de mazorcas de las plantas de maíz criollo bajo la inoculación con HMA (+HMA) o no (-HMA) (1) y TD (+TD) o no (TD) (2). Medias de la misma letra no difieren estadísticamente entre sí según el test de Tukey ($p < 0.05$). Barras representan el error padrón de la muestra para cuatro repeticiones.

3.2.2 Rendimiento

El rendimiento no difirió ($p > 0.05$); sin embargo, el tratamiento con HMA mostró un aumento absoluto de 0.2287 t/ha respecto al promedio sin HMA y la TD incrementó 0.0187 t/ha frente al testigo sin TD. Estos efectos son pequeños y no concluyentes; podrían confirmarse o descartarse con mayor tamaño muestral o menor variabilidad experimental.

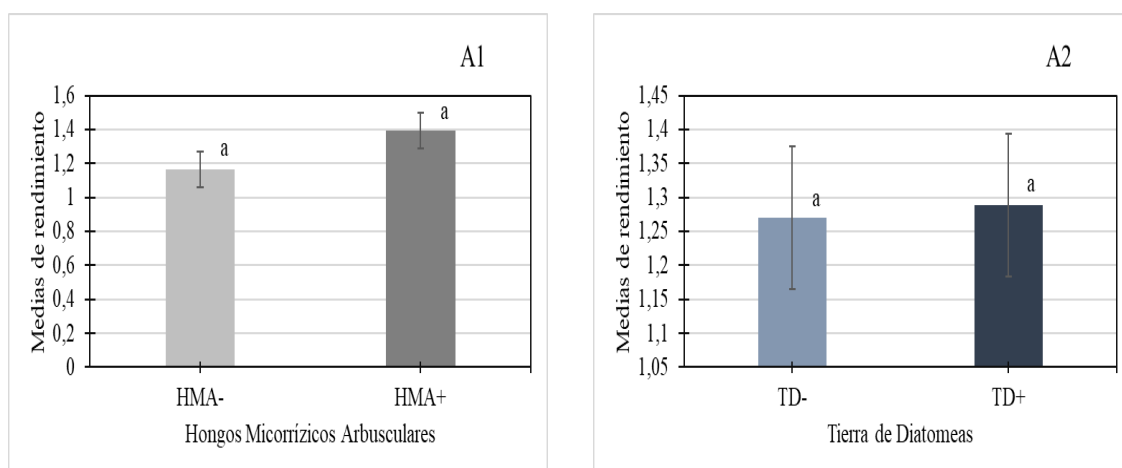


Figura 12. Promedio de rendimiento productivo (RP) en plantas de maíz criollo bajo la inoculación con HMA (+HMA) o no (-HMA) (1) y TD (+TD) o no (TD) (2). Medias de la misma letra no difieren estadísticamente entre si según el test de Tukey ($p < 0.05$).

Barras representan el error padrón de la muestra para cuatro repeticiones.

3.3 Producción de biomasa seca y eficiencia micorrízica

La inoculación con HMA resultó en respuesta micorrízica negativa de la biomasa aérea en ambos niveles de TD (-7.09% sin TD; -5.89% con TD). La TD atenuó levemente la magnitud del efecto negativo ($\Delta = +1.20$ puntos porcentuales). Respuestas negativas a HMA pueden ocurrir cuando el P disponible es alto, existe incompatibilidad cepa-hospedero o condiciones edáficas que limitan colonización/beneficio.

Tabla 12. Eficiencia micorrízica de plantas de maíz inoculadas con hongos micorrízicos arbusculares y tierra de diatomeas en relación a los tratamientos no micorrizados.

TD	Biomasa		Δ (con-sin)	Respuesta Micorrízica	Dependencia Micorrízica
	- HMA	+ HMA		RM (%)	DM (%)
-TD	268.1	249.093	-19.008	-7.09	-7.63
+TD	274.475	258.305	-16.170	-5.89	-6.26

*HMA= Hongos micorrízicos arbusculares, *TD= Tierra de diatomeas.

3.4 Incidencia del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*)

La TD redujo la incidencia de daño por *Spodoptera frugiperda* entre 27 y 55 DDE respecto a los tratamientos sin TD. Los tratamientos con TD (-HMA+TD y +HMA+TD) mostraron menor proporción de plantas afectadas y menor severidad promedio, en comparación con sus pares sin TD. Dado que no se presentaron pruebas estadísticas de las curvas de incidencia, estos hallazgos consideran evidencia consistente pero no concluyente del efecto insectistático/abrasivo de la TD en campo.

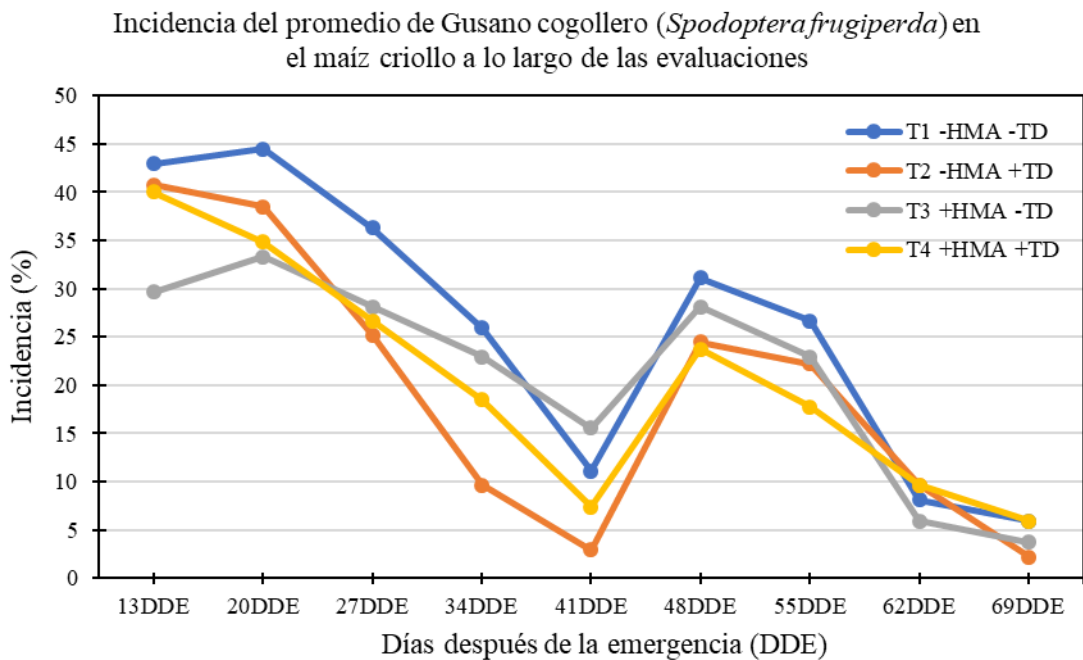


Figura 13. Promedio de incidencia de *Spodoptera frugiperda* durante el tiempo en cada uno de los tratamientos evaluados.

Discusión

Efectos en los parámetros morfológicos

La ausencia de significancia ($p < 0.05$) en AP, DT y NH indica que, bajo las condiciones del ensayo, ni HMA ni TD modificaron de forma concluyente el crecimiento vegetativo. Aun así, se observaron tendencias tempranas de mayor AP con HMA y TD (14-28 DDE), coherentes con reportes obtenidos por Uc-Ku *et al.* (2019), donde muestra que la inoculación micorrízica favorece el crecimiento en etapas iniciales de algunas especies de *Heliconia stricta*, entre otras.

Para DT, las diferencias numéricas favorecieron alternativamente a tratamientos con y sin HMA; la alta variabilidad de 56 DDE ($CV = 37.25\%$) sugiere limitaciones de potencia para detectar efectos pequeños. Por otro lado (Contreras *et al.*, 2013), evidenció un efecto positivo, debido a que los hongos micorrízicos arbusculares contribuyeron a una mayor absorción de nutrientes en las plantas de *Capsicum annuum*, por lo tanto pudieron obtener un mejor desarrollo en el diámetro del tallo con la inoculación micorrízica.

También se observa que la aplicación de tierra de diatomeas tuvo un ligero incremento a medida que pasaban los días (14, 28, 42 y 56 DDE), teniendo relación con lo mencionado por Haro *et al.* (2024), ya que la aplicación de tierra de diatomeas en plantas de vainilla tiene un efecto positivo en la variable diámetro del tallo.

El NH mostró leves incrementos con HMA y sin TD, consistentes con trabajos de Escaleras *et al.* (2022), quien mencionan que el número de hojas de plátano incremento gracias a la inoculación de HMA con un total de 5.79 hojas, mientras que las no inoculadas presentaron un total de 5.5 número de hojas por planta, aunque en nuestro caso no fueron significativas, a su vez Hidalgo, (2023) en su investigación muestra que el tratamiento en el cual se le aplicó TD no presento una diferencia significativa en el número de hojas en plantas de espinaca.

Efectos en las variables productivas

Ni el NM ni RP respondieron significativamente a HMA o TD. Los aumentos absolutos observados con HMA (+0.2287 t/ha) y con TD (+0.0187 t/ha) fueron pequeños frente a la variabilidad experimental. Diferencias con estudios donde Bravo *et al.* (2022), quien indica que la fertilización foliar complementada con sustancias bioactivas, como la tierra de diatomeas es más efectiva para potenciar la producción de mazorcas sanas en plantas de cacao; mientras que Sisalima *et al.* (2023), menciona que al aplicar 17600 esporas de hongos micorrízicos arbusculares tuvo una mejor tendencia en el rendimiento productivo en plantas de cacao (sin aplicación de HMA 1044.93 kg/ha-con aplicación de HMA 3282.95 kg/ha). Además, Nascimento *et al.* (2021), menciona que estos efectos positivos sobre el rendimiento del grano se pueden deber a que la TD tiene niveles elevados de Si amorfo. Por otra parte, Apáez *et al.* (2023), indica que la aplicación de TD provoco una alta producción en vainas de frijol chino y granos de maíz, mostrándolo como una buena opción para mejorar la producción de estos cultivos.

Biomasa y eficiencia micorrízica

En la biomasa seca se observa valores negativos con la presencia de HMA, incrementando su efecto sin la aplicación de TD, indicando que la TD atenúa ligeramente esos valores negativos, Reyes *et al.* (2018), obtuvo resultados contrarios, mencionando que las plantas de maíz fueron favorecidas con mayor biomasa vegetal por los efectos micorrízicos, con respecto al resto de tratamientos, de la misma manera presentaron un mayor porcentaje de colonización.

Incidencia de *Spodoptera frugiperda*

A diferencia del crecimiento y rendimiento, la TD mostró un patrón consistente a la reducción de incidencia entre 27-55 DDE. Este resultado es biológicamente relevante y coherente con el modo de acción físico de la TD (abrasión/adsorción lipídica). Estudio similar expuesto por Botto, (2017), en la que se muestra que a los 35 días después de la

siembra, el uso de TD en dosis de 1.5 y 2 Kg/ha reportó una afectación de nivel bajo de 2.16 % de incidencia, además menciona Cárcamo, (2023) que a los tratamientos no aplicada TD obtuvo mayor incidencia de *Spodoptera frugiperda* durante los periodos evaluados a los 15,25,35,45 y 55 días después de la siembra.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

La inoculación micorrízica (HMA) no generó efectos significativos ($p < 0.05$) en el crecimiento evaluado en las variables morfológicas (AP, DT y NH), ni en el rendimiento productivo, aunque se observó un leve aumento en rendimiento ($\approx +0.23$ t/ha). Además, se observó una respuesta micorrízica negativa en la biomasa aérea (-7.09% sin TD; -5.89% con TD), donde la TD atenuó ligeramente su efecto, por lo que se sugiere que bajo las condiciones de Río Nuevo (Colonche) y posiblemente por la alta disponibilidad de fósforo o por la incompatibilidad entre la cepa y el hospedero limitando la colonización y teniendo aportes negativos en los beneficios agronómicos significativos al cultivo.

La aplicación de TD mostró un efecto consistente de menor incidencia de daño por *Spodoptera grugiperda* entre 27 y 55 DDE, en comparación con los tratamientos sin TD. Aunque no se acompañó de pruebas estadísticas de las curvas (área bajo la curva de incidencia) la evidencia de campo es coherente con el modo de acción de la TD y apoya a su uso como coadyuvante en el manejo del gusano cogollero.

La combinación de micorrizas (HMA) y tierra de diatomeas (TD) no generó interacciones significativas ni mejoras en las variables morfológicas ni en el rendimiento productivo del maíz criollo. La inoculación con HMA mostró un aumento absoluto pequeño ($\approx +0.23$ t/ha) y la TD un incremento marginal ($\approx +0.02$ t/ha) respecto a sus testigos. y no se evidenciaron sinergias productivas bajo las condiciones del estudio. Lo que sugiere que la combinación de ambos insumos no generó sinergias medibles en este experimento.

Recomendaciones

- Integrar la TD con otras herramientas del MIP como control biológico (ej. *Trichogramma*, *Metarhizium*, *Bacillus thuringiensis*), trampas, umbrales de acción y rotación de mecanismos de acción, buscando reducir el uso de insecticidas químicos cuando sea viable.
- Se sugiere evaluar tamaños de partícula y el uso de adherentes o espesantes que mejoren la cobertura y persistencia en el cultivo. Asimismo, comparar métodos de aplicación (foliar vs espolvoreo) para determinar la opción más eficaz y segura.

- En futuras investigaciones sobre *Spodoptera frugiperda*, se sugiere calcular el Área Bajo la Curva de Incidencia (ABCI) y aplicar modelos estadísticos adecuados (medidas repetidas o mixtos), reportando además del valor p, los intervalos de confianza (IC95%) y tamaños de efecto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alkobaisy, J., 2022. Factors affecting mycorrhizal activity, in: *Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Agriculture - New Insights*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.108099>
- Allen, R., Pereira, L., Raes, D., Smith, M., 2006. Evapotranspiración del cultivo [WWW Document]. URL <https://www.fao.org/4/x0490s/x0490s00.htm> (accessed 11.19.25).
- Ambuludi, J., 2022. Efecto de cultivos de cobertura como antecesores del cultivo maíz sobre la supresión de malezas y el rendimiento de maíz blanco en el sector La Argelia, Loja.
- Andrade, P., Ortiz, C., 2020. Agua en territorios comunales: gestión del riego en el valle del río Javita, provincia de Santa Elena. *Siembra* 7, 027–042. <https://doi.org/10.29166/siembra.v7i1.1865>
- Apáez, P., Lara, B., Apáez, M., Raya, Y., 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* 103–113. <https://doi.org/10.32870/ecucba.vi20.302>
- Apáez-Barrios, P., Lara-Chávez, M.B.N., Apáez-Barrios, M., Raya-Montaño, 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* 103–113. <https://doi.org/10.32870/ecucba.vi20.302>
- Arroyo, J., Estrella, G., Cabrales, E., 2019. Efecto de la micorrización y la fertilización fosfórica en el rendimiento del maíz (*Zea mays* l.) en suelos arenosos de montería. *Suelos Ecuat.* 49, 9–18.
- Ávila, D., Cervantes, F., Rodríguez, G., Gámez, A., García, G., Mendoza, M., 2023. Daño y dinámica poblacional del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en líneas élite de maíz. *Agron. Mesoam.* 34. <https://doi.org/10.15517/am.2023.53809>
- Barzman, M., Bàrberi, P., Birch, N., Boonekamp, P., Dachbrodt, S., Graf, B., Hommel, B., Jensen, J.E., Kiss, J., Kudsk, P., Lamichhane, J., Messéan, A., Moonen, A., Ratnadass, A., Ricci, P., Sarah, J., Sattin, M., 2015. Eight principles of integrated pest management. *Agron. Sustain. Dev.* 35, 1199–1215. <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0327-9>
- Bhalla, S., Garg, N., 2021. Arbuscular mycorrhizae and silicon alleviate arsenic toxicity by enhancing soil nutrient availability, starch degradation and productivity in *Cajanus cajan* (L.) Millsp. *Mycorrhiza* 31, 735–754. <https://doi.org/10.1007/s00572-021-01056-z>
- Botto, A., 2017. Influencia del uso de tierras diatomeas en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) ante el ataque de (*Spodoptera frugiperda*). [WWW Document]. URL <https://redi.cedia.edu.ec/document/293133> (accessed 10.10.25).
- Bravo Palma, E.H., Cedeño García, G., Castro Olaya, J.R., Cedeño García, G.A., 2022. Fertilización foliar complementaria mejora el rendimiento, sanidad y rentabilidad del cacao en agroecosistemas de secano. *Rev. Cienc. Agric.* 19, 17–31.
- Cárcamo, J., 2023. Evaluación del uso de tierra de diatomeas para el control del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en el cultivo de maíz (*Zea mays*).
- Carcelén, B., 2023. Importancia de los hongos micorrizos en la producción del cultivo de maíz (*Zea mays*) en el Ecuador. [WWW Document]. URL <https://dspace.utb.edu.ec/items/f3b94fe5-ca07-4782-8a30-05d939614bfe> (accessed 10.17.25).
- Carrillo, D., Hernández, H., Franco, A., Vallejo, B., Guzmán, S., Manzo Sánchez, G., Sánchez Rangel, J.C., 2021. Influencia de las propiedades edáficas en la abundancia de esporas y

- colonización de hongos micorrízicos arbusculares en banano en dos temporadas del año. *Sci. Fungorum* 51. <https://doi.org/10.33885/sf.2021.51.1306>
- Carrillo, S., Puente, J., Montes, S., Cruz, R., 2022. Las micorrizas como una herramienta para la restauración ecológica. *Acta Botánica Mex.* <https://doi.org/10.21829/abm129.2022.1932>
- Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, 2021. Estrategia para el manejo agroecológico del gusano cogollero. CIMMYT. URL <https://www.cimmyt.org/es/noticias/estrategia-para-el-manejo-agroecologico-del-gusano-cogollero/> (accessed 10.12.25).
- Centro internacional de mejoramiento de maíz y trigo, 2012. Manual de la determinación de rendimiento – CIMMYT | IDP. URL <https://idp.cimmyt.org/publicacion/manual-del-determinacion-de-rendimiento/> (accessed 10.26.25).
- Chuchon, J., 2025. Manejo integrado del cogollero (*Spodoptera frugiperda*) durante la fase vegetativa del cultivo de maíz (*Zea mays*) en el distrito de San Vicente de Cañete 2023.
- Contreras, R., Aguilera, L., Arriaga, M., González, A., Potugal, V., Rivas, I., 2013. Influencia de hongos micorrízicos arbusculares en el crecimiento y desarrollo de *Capsicum annum* L. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 4, 77–88.
- Coupe, R., Capel, P., 2016. Trends in pesticide use on soybean, corn and cotton since the introduction of major genetically modified crops in the United States. *Pest Manag. Sci.* 72, 1013–1022. <https://doi.org/10.1002/ps.4082>
- De la Cruz, M., Sevilla, R., 2019. Adaptación de una variedad heterogénea de maíz a la región Alto Andina, usando la selección mazorca – hilera modificada. *ACI Av. En Cienc. E Ing.* 11, 82–93.
- Escaleras, J.C., Herrera, S., Sánchez, A., 2022. Aclimatización de vitroplantas de banano con hongos micorrízicos arbusculares. *Rev. Científica Agroecosistemas* 10, 15–23.
- Ferreira, D., 2019. SISVAR: A computer analysis sistem to fixed effects split plot type designs. *Braz. J. Biom.* 37, 529–535. <https://doi.org/10.28951/rbb.v37i4.450>
- Figuroa, T., Parrales, A., Morán, J., Cabrera, J., Ortega, J., 2022. Caracterización morfológica y etnobotánica del maíz criollo (*Zea mays* L.) en la comuna Sancan, Ecuador: Caracterización morfológica del maíz criollo (*Zea mays* L.). *UNESUM - Cienc. Rev. Científica Multidiscip.* 6, 101–116. <https://doi.org/10.47230/unesum-ciencias.v6.n2.2022.631>
- Guamán, R., Desiderio, T., Villavicencio, Á., Ulloa, S., Romero, E., 2020. Evaluación del desarrollo y rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) utilizando cuatro híbridos. *Siembra* 7, 047–056. <https://doi.org/10.29166/siembra.v7i2.2196>
- Gutiérrez, J., Niembro, C., medina, A., Niembro, M., 2022. Estudio agronómico del maíz criollo rojo guanajuato establecido en Zumpango, Edo de México. *South Fla. J. Dev.* 3, 3241–3249. <https://doi.org/10.46932/sfjdv3n3-016>
- Guzmán, D., Montero, J., 2021. Interacción de bacterias y plantas en la fijación del nitrógeno. *Rev. Investig. E Innov. Agropecu. Recur. Nat.* 8, 87–101. <https://doi.org/10.53287/uyxf4027gf99e>
- Haro, J.M.A., Cruz, J.J.R., Quinatoa-Lozada, E.F., Ramírez, C.S.T., 2024. Respuesta vegetativa de vainilla (*Vanilla Planifolia*) a la aplicación de diferentes dosis de tierra de diatomeas. *Polo Conoc.* 9, 2075–2090. <https://doi.org/10.23857/pc.v9i7.7616>
- Hidalgo Arteaga, Y.M., 2023. Evaluación agronómica de la espinaca *Spinacea oleracea* variedad viroflay mediante la aplicación de diatomeas, microorganismo eficiente y basu en Yanahuanca - 2017. *Univ. Nac. Daniel Alcides Carrión.*

- Holly, A., Hui, L., Zhang, L., Zhang, K., 2025. Biology, ecology, and benefits of arbuscular mycorrhizal fungi in agricultural ecosystems [WWW Document]. Ask IFAS - Powered EDIS. URL <https://edis.ifas.ufl.edu/publication/PP383> (accessed 9.24.25).
- Instituto Nacional de Innovación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria, 2019. Variedades e híbridos de maíz: características y recomendaciones para su manejo agronómico.
- Janowski, D., Leski, T., 2022. Factors in the distribution of mycorrhizal and soil fungi. *Diversity* 14, 1122. <https://doi.org/10.3390/d14121122>
- Liang, Y., Nikolic, M., Bélanger, R., Gong, H., 2015. Silicon in agriculture: From theory to practice [WWW Document]. ResearchGate. URL https://www.researchgate.net/publication/322896923_Silicon_in_Agriculture_From_Theory_to_Practice (accessed 10.17.25).
- Loya, J., Beltrán, F., Zamora, S., Ruiz, F., Navejas, J., 2022. Tierra de diatomeas: Una alternativa sustentable para protección de maíz almacenado. ResearchGate. <https://doi.org/10.22533/at.ed.973222201036>
- Luna, J., Santos, G., Atencia, L., Morales, C., Ramírez, K., Negritto, M., 2019. Hongos micorrízicos arbusculares: phylum glomeromycota [WWW Document]. ResearchGate. URL https://www.researchgate.net/publication/392070681_HONGOS_MICORRIZICOS_ARBUSCULARES_PHYLUM_GLOMEROMYCOTA (accessed 9.25.25).
- 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. *Rev. Protección Veg.* 35.
- Martínez, M., 2022. Principales insectos plaga del maíz (*Zea mays*, L.) en Ecuador. *Rev. Científica Agroecosistemas* 10, 182-191.
- Maza, M., 2022. Evaluación agronómica de seis genotipos de maíz (*Zea mays* L.) con fines forrajeros en el cantón la joya de los sachas.
- Montenegro, L., 2021. Evaluación de los efectos de la inoculación micorrízica sobre los parámetros morfométricos y productivos del cultivo de maíz.
- Muñoz, M., Cabello, C., Canafoglia, M., González, María, Botto, I., González, Miguel, 2019. Caracterización físico-química y valorización de tierra de diatomea de Antofagasta de la sierra, Catamarca, Argentina. Presented at the V Reunión Argentina de Geoquímica de la Superficie (RAGSU) (La Plata, 12 al 14 de junio de 2019).
- Nascimento, C.W.A. do, Silva, F.B.V. da, Araújo, P.R.M., Araújo, J. do C.T. de, Lins, S.A. da S., 2021. Efficiency and recovery index of silicon of a diatomaceous Earth-based fertilizer in two soil types grown with sugarcane and maize. *J. Plant Nutr.* 44, 2347–2358. <https://doi.org/10.1080/01904167.2021.1918157>
- Nicholls, C., Altieri, M., 2018. Agroecología: ciencia fundamental para el diseño de fincas resilientes a plagas. *LEISA Rev. Agroecol.* 34.
- Ntsomboh, G., Gabriel, M.S.T., Namuene, K., Célestine, D., Kingsley, T., 2025. Biofertilizers: An integrated approach to improving soil fertility, plant nutrition, forest and environmental sustainability. *Open Access Libr. J.* 12, 1–27. <https://doi.org/10.4236/oalib.1113141>
- Ochoa, K., 2021. Evaluación del comportamiento fenológico y productivo, de cuatro híbridos de maíz duro amarillo con dos niveles de fertilización en la parroquia nambacola de la provincia de Loja.
- Oneal, K., 2019. UCR Presente: El maíz criollo resiste gracias al esfuerzo de los campesinos. SURCOS Digit. URL <https://surcosdigital.com/ucr-presente-el-maiz-criollo-resiste-gracias-al-esfuerzo-de-los-campesinos/> (accessed 10.25.25).

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2022. Gestión del gusano cogollero del maíz – Experiencias de las escuelas de campo para agricultores en África.
- Plenchette, C., Fortin, J., Furlan, V., 1983. Growth responses of several plant species to mycorrhizae in a soil of moderate P-fertility. *Plant Soil* 70, 199–209. <https://doi.org/10.1007/BF02374780>
- Pozo, E., 2024. Eficiencia de hongos micorrízicos arbusculares en dos híbridos de maíz (*Zea mays* L.) bajo dos densidades de siembra.
- Ramírez, J., Cerda, R., 2021. Manejo integrado del cultivo de café con énfasis en prácticas MIP.
- Reka, A., Pavlovski, B., Fazlija, E., Berisha, A., Pacarizi, M., Daghmehchi, M., Sacalis, C., Jovanovski, G., Makreski, P., Oral, A., 2021. Diatomaceous earth: Characterization, thermal modification, and application. *Open Chem.* 19, 451–461. <https://doi.org/10.1515/chem-2020-0049>
- Reyes, A., López, L., Quiñones, E., Rincón, gabriel, 2018. Evaluación de consorcios micorrízicos arbusculares en el crecimiento vegetal de plantas de maíz, chile y frijol [WWW Document]. URL <http://ciatej.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1023/509> (accessed 10.10.25).
- Reyes, A., Ruiz, E., Torres, W., Tucuch, J., Ballina, H., Gabriel, L., Lopez, C., Hernandez, R.G., Ahuatzin, J., Ruiz, R., 2025. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on the physiology and mineral content of maize crop. *Trop. Subtrop. Agroecosystems* 28. <https://doi.org/10.56369/tsaes.6152>
- Rodriguez, J., 2024. Influencia de los factores físicos en la diversidad y abundancia de diatomeas epilíticas en el río de Loma Alta-provincia de Santa Elena.
- Romei, F., Schilman, P., 2024. Diatomaceous earth as insecticide: physiological and morphological evidence of its underlying mechanism. *Pest Manag. Sci.* 80, 3301–3307. <https://doi.org/10.1002/ps.8033>
- Ruíz, J., Aroca, R., Zamarreño, Á., Molina, S., 2016. Arbuscular mycorrhizal symbiosis induces strigolactone biosynthesis under drought and improves drought tolerance in lettuce and tomato. *ResearchGate*. <https://doi.org/10.1111/pce.12631>
- Sánchez, E., De la cruz, E., Sánchez, R., 2014. Productividad y caracterización varietal de maíces nativos (*Zea mays* L.) colectados en Tabasco, México. *Acta Agríc. Pecu.* 1, 7–15.
- Sánchez, J., 2025. Tierra de diatomeas: qué es, para qué sirve, dónde comprarla y contraindicaciones - Guía [WWW Document]. *ecologiaverde.com*. URL <https://www.ecologiaverde.com/tierra-de-diatomeas-que-es-para-que-sirve-donde-comprarla-y-contraindicaciones-1687.html> (accessed 10.25.25).
- Sandhya, K., Prakash, N.B., Meunier, J.D., Sandhya, K., Prakash, N.B., Meunier, J.D., 2018. Diatomaceous earth as source of silicon on the growth and yield of rice in contrasted soils of Southern India. *J. Soil Sci. Plant Nutr.* 18, 344–360. <https://doi.org/10.4067/S0718-95162018005001201>
- Silva, J., Veloso, V., Vieira, F., Nascimento, C., 2021. Cadmium, silicon and nutrient accumulation by maize plants grown on a contaminated soil amended with a diatomaceous earth fertilizer. *Ciênc. Rural* 51, e20190804. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20190804>
- Sisalima, Lady, Ruilova, V., Capa, M., 2023. Efecto de inoculación micorrízica en la etapa productiva del cacao nacional (*Theobroma cacao* L.) en la amazonía ecuatoriana. *CEDAMAZ* 13, 17–24. <https://doi.org/10.54753/cedamaz.v13i1.1742>
- Sotomayor, J., 2020. Tierra de diatomeas: fertilizante, biocida y mucho más. Ventajas de este producto polivalente [WWW Document]. *Sembralia*. URL <https://sembralia.com/blogs/blog/tierra-diatomeas-agricultura> (accessed 10.17.25).

- Tacán, M., Tapia, C., Sigcha, F.A., Roura, A., Monteros, Á., 2022. Representatividad de la colección de maíz de altura del Banco de Germoplasma del INIAP – Ecuador. Quito, EC: INIAP-EESC, 2022.
- Tanumihardjo, S., McCulley, L., Roh, R., Lopez, S., Palacios, N., Gunaratna, N., 2020. Maize agro-food systems to ensure food and nutrition security in reference to the Sustainable Development Goals. *Glob. Food Secur.* 25, 100327. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2019.100327>
- Trejo, D., Bañuelos, J., Gavito, M., Conde, W., 2020. Altas dosis de fertilización fosforada reducen la colonización micorrízica y biomasa de la planta de tres variedades de piña. *Terra Latinoam.* 38, 853–858. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i4.701>
- Uc-Ku, A.G., Arreola-Enríquez, J., Carrillo-Avila, E., Osnaya-González, M.M., Alarcón, A., Ferrera-Cerrato, R., Landeros-Sánchez, C., Uc-Ku, A.G., Arreola-Enríquez, J., Carrillo-Avila, E., Osnaya-González, M.M., Alarcón, A., Ferrera-Cerrato, R., Landeros-Sánchez, C., 2019. Inoculación de hongos micorrízicos arbusculares en el cultivo de *Heliconia stricta*. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 10, 1057–1069. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i5.1608>
- van't Padje, A., Werner, G., Kiers, T., 2021. Mycorrhizal fungi control phosphorus value in trade symbiosis with host roots when exposed to abrupt ‘crashes’ and ‘booms’ of resource availability. *New Phytol.* 229, 2933–2944. <https://doi.org/10.1111/nph.17055>
- Vélez, M., Betancourt, C., Mendoza, J., 2021. Evaluación de diferentes momentos de aplicación de insecticida Metomil 90% para el control del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en el cultivo de maíz. *Cienc. Tecnol.* 14, 33–40. <https://doi.org/10.18779/cyt.v14i2.500>
- Vera, J., 2020. Descripción del uso de diatomeas como correctores de suelos ácidos [WWW Document]. URL <https://dspace.utb.edu.ec/items/930fe27a-6c9f-4f93-ae2d-bfc44076df95> (accessed 10.17.25).
- Zeni, V., Baliota, G., Benelli, G., Canale, A., Athanassiou, C., 2021. Diatomaceous earth for arthropod pest control: back to the Future. *Molecules* 26, 7487. <https://doi.org/10.3390/molecules26247487>
- Zhou, W., Arcot, Y., Medina, R., Bernal, J., Cisneros, L., Akbulut, M., 2024. Integrated Pest Management: An Update on the Sustainability Approach to Crop Protection. *ACS Omega* 9, 41130–41147. <https://doi.org/10.1021/acsomega.4c06628>

ANEXOS



Figura 1A. Limpieza del terreno.



Figura 2A. Delimitación y cerramiento del área de ensayo.



Figura 3A. Instalación del sistema de riego por goteo.



Figura 4A. Comportamiento del área experimental con tres repeticiones y seis tratamientos.



Figura 5A. Productos inoculantes, hongos micorrízicos arbusculares (ECOFUNGI) Y tierra de diatomeas (FOSIL SHELL), utilizado en el experimento.



Figura 6A. Fertilizantes UREA y MAP (Fosfato monoamónico), utilizados de manera edáfica en el cultivo.



Figura 7A. Preparación de dosis de inoculación micorrízica y tierra de diatomeas



Figura 8A. Preparación de dosis de fertilizante de Urea y MAP (Fosfato monoamónico).



Figura 9A. Siembra e inoculación micorrízica con aplicación de tierra de diatomeas y primera fertilización a base de Urea en el maíz criollo.



Figura 10A. Colocación de letreros con sus respectivos tratamientos y repeticiones



Figura 11A. Selección y amarre de las plantas seleccionadas para toma de datos.



Figura 12A. Toma de datos 14 y 28 días después de la emergencia.



Figura 13A. Aplicación de tierra de diatomeas contra *Spodoptera frugiperda*.



Figura 14A. Segunda fertilización a base de UREA.



Figura 15A. Toma de datos 42 y 56 días después de la emergencia.



Figura 16A. Cosecha del maíz criollo.



Figura 17A. Colecta de las plantas.



Figura 18A. Peso de 200 g de semillas.



Figura 19A. Secado de semilla 200 g en estufa de circulación de aire a 75°C por 48 horas.



Figura 20A. Secado de 200 granos de semilla en estufa de circulación de aire a 75°C durante 24 horas.



Figura 21A. Peso seco de 200 granos.



Figura 22A. Peso húmedo de las plantas.



Figura 23A. Secado de las plantas en estufa de circulación de aire a 75 °C durante 48 horas.

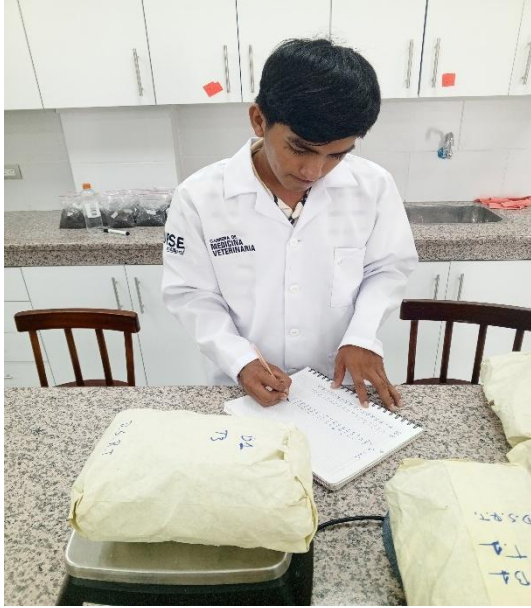


Figura 24A. Peso seco de las plantas de maíz criollo.