



UPSE

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

**EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS DE LA INOCULACIÓN
MICORRÍZICA SOBRE LOS PARÁMETROS
MORFOMÉTRICOS Y PRODUCTIVOS DEL CULTIVO DE
MAÍZ**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Requisito parcial para la obtención del título de:

INGENIERA AGROPECUARIA

Autora: Lisbeth Arisdely Montenegro Pozo.

LA LIBERTAD, 2021



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

**EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS DE LA INOCULACIÓN
MICORRÍZICA SOBRE LOS PARÁMETROS
MORFOMÉTRICOS Y PRODUCTIVOS DEL CULTIVO
DE MAÍZ**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Requisito parcial para la obtención del título de:

INGENIERA AGROPECUARIA

Autora: Lisbeth Arisdely Montenegro Pozo


Tutora: Ing. Agr. Nadia Quevedo Pinos, Ph.D.

LA LIBERTAD, 2021

TRIBUNAL DE GRADO

Trabajo de Integración Curricular presentado por **LISBETH ARISDELY MONTENEGRO POZO** como requisito parcial para la obtención del grado de Ingeniero/a Agropecuario de la Carrera de Agropecuaria.

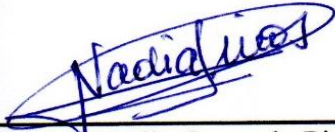
Trabajo de Integración Curricular **APROBADO** el: 2021-1



Ing. Idalberto Macias Socorras, Ph.D
**DOCENTE DELEGADO POR LA
DIRECTORA DE CARRERA DE
AGROPECUARIA
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**



Blgo. Javier Soto Valenzuela, Ph.D
**PROFESOR ESPECIALISTA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Ing. Nadia Quevedo Pinos, Ph.D
**PROFESORA TUTORA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Lcda. Ana Villalta Gómez
SECRETARIA

AGRADECIMIENTOS

Agradezco en primer lugar a Dios por haberme dado la sabiduría y carácter para culminar con éxito este trabajo.

Desde el fondo de mi corazón también agradezco a mi familia que muchas veces me pusieron el hombro para poder ver más lejos, y vi mi futuro.

Agradezco a la Ing. Nadia Quevedo por su precisa e instruida orientación de este trabajo y como no darle gracias a la institución de apoyo Río Verde y a las grandiosas personas que lo conforman, por abrirme las puertas y poder llevar a cabo mi trabajo de titulación.

Lisbeth Arisdely Montenegro Pozo

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres Franklin y Claudia que con empeño, sacrificio y amor me han apoyado en todos mis estudios hasta el día de hoy y por haber sido un pilar fundamental en mi vida.

A mis hermanos que me incentivaron a salir adelante todos los días y me demuestran que todo sacrificio tiene su recompensa.

Dedico también este trabajo a mi hijo Elian, que es mi mayor inspiración y motivación, que por él me esfuerzo para que tenga un futuro mejor.

Lisbeth Arisdely Montenegro Pozo

RESUMEN

Para incrementar la producción del cultivo, una alternativa es la aplicación de hongos micorrízicos y fertilización. En el presente trabajo se evaluaron los efectos de la inoculación micorrízica por una vía (sólida) aplicando fertilización mineral sobre los parámetros morfométricos y productivos del maíz híbrido Trueno. El estudio se realizó en el área experimental de Río Verde perteneciente a la provincia de Santa Elena. El diseño empleado fue un diseño completamente al azar (DCA) con 4 tratamientos y 4 repeticiones. Se usaron como inóculo sólido el producto comercial Huxtable-Abono Vivo Micorriza y se realizaron evaluaciones cada 15 días después de la emergencia de las plantas. Las variables evaluadas fueron: altura de las plantas, diámetro del tallo, longitud de la mazorca y masa seca. La base de datos fueron procesados por el programa InfoStat y se usó el análisis de varianza (ANOVA) con la aplicación de rangos múltiples de Tukey ($P \leq 0.05$). Se realizaron un análisis físico-químico para identificar la densidad de esporas y géneros de Hongos Micorrízicos Arbusculares (HMA) nativos del área experimental, los resultados revelaron un promedio de 1.281 esporas por gramo de suelo y se identificaron 10 géneros hongos micorrízicos arbusculares. En los resultados del análisis de varianza de los parámetros morfométricos evaluados en las plantas de maíz, de los 15 a los 40 días después de la emergencia de las plantas se observaron diferencias estadísticamente significativas en los momentos evaluados para todas las variables. La evaluación de los tratamientos que contenían inóculo micorrízico sobresalió y ayudó a mejorar el nivel de crecimiento y desarrollo del cultivo del maíz.

Palabras claves: Fertilización mineral, inóculo, maíz, micorriza.

ABSTRACT

To increase crop production, an alternative is the application of mycorrhizal fungi and fertilization. In the present work, the effects of mycorrhizal inoculation by one route (solid) applying mineral fertilization on the morphometric and productive parameters of hybrid maize Thunder were evaluated. The study was carried out in the experimental area of Río Verde belonging to the province of Santa Elena. The design used was a completely randomized design (DCA) with 4 treatments and 4 repetitions. The commercial product Huxtable-Abono Vivo Micorriza was used as a solid inoculum and evaluations were made every 15 days after the emergence of the plants. The variables evaluated were: plant height, stem diameter, ear length and dry mass. The database was processed by the InfoStat program and analysis of variance (ANOVA) was used with Tukey's multiple range application ($P \leq 0.05$). A physical-chemical analysis was carried out to identify the density of spores and genera of Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) native to the experimental area, the results revealed an average of 1,281 spores per gram of soil and 10 arbuscular mycorrhizal fungi genera were identified. In the results of the analysis of variance of the morphometric parameters evaluated in the maize plants, from 15 to 40 days after the emergence of the plants, statistically significant differences were observed in the moments evaluated for all the variables. The evaluation of the treatments that contained mycorrhizal inoculum stood out and helped to improve the level of growth and development of the maize crop.

Keywords: Mineral fertilization, inoculum, corn, mycorrhiza.

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

El presente Trabajo de Integración Curricular Titulado “**EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS DE LA INOCULACIÓN MICORRÍZICA SOBRE LOS PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS Y PRODUCTIVOS DEL CULTIVO DE MAÍZ**” y elaborado por **Lisbeth Arisdely Montenegro Pozo**, 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:	3
Objetivos	3
Objetivo General:.....	3
Objetivos Específicos:	3
Hipótesis:	3
CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
1.1 Micorrizas	4
1.1.1 Origen y conceptos	4
1.1.2 Beneficios para las plantas.....	4
1.1.3 Beneficios para el suelo	4
1.1.4 Prácticas que favorecen la micorrización	5
1.1.5 Evidencias actuales de la eficiencia de los HMA	5
1.1.6 Perspectivas futuras para los inoculantes micorrízicos en la región de América Latina y el Caribe.....	7
1.2 Cultivo de maíz	7
1.2.1 Origen y distribución	7
1.2.2 Clasificación taxonómica.....	7
1.2.3 Características morfológicas	8
1.2.4 Requerimiento nutricional	9
1.2.5 Labores culturales	9
1.2.6 Fertilización	10
CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS	11
2.1 Caracterización del área en estudio	11
2.2 Características edafoclimáticas del área de estudio	11
2.3 Material biológico y condiciones experimentales	12
2.3.1 Antecedentes de uso del suelo	13
2.3.2 Preparación del suelo	13
2.4 Materiales, equipos e insumos	14
2.5 Diseño experimental	14

2.6	Conducción del experimento	16
2.6.1	Inoculación y siembra	16
2.6.2	Fertilización	17
2.6.3	Atenciones culturales al cultivo	17
2.7	Parámetros evaluados	17
2.7.1	Identificación y conteo de esporas de HMA nativos.....	17
2.7.2	Evaluaciones morfométricas del cultivo	18
2.7.2.1	Altura de la planta.....	18
2.7.2.2	Diámetro del tallo	18
2.7.2.3	Biomasa seca.....	18
2.7.2.4	Evaluación de largo de la mazorca de maíz.....	19
2.8	Análisis estadístico de los resultados.....	19
CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN		20
3.1	Conteo e identificación de esporas de HMA nativos	20
3.2	Identificación de géneros de HMA en el área en estudio	21
3.3	Efectos en los parámetros morfométricos del cultivo del maíz	25
3.3.1	Altura de las plantas.....	27
3.3.2	Diámetro del tallo	28
3.3.3	Biomasa seca.....	29
3.4	Efectos en los parámetros productivos del cultivo del maíz	30
3.4.1	Longitud de la mazorca.....	30

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Información relevante de las micorrizas en algunos países latinos.	5
Tabla 2. Características físicas y químicas de suelos del centro de producción y prácticas de Río Verde.	12
Tabla 3. Características del híbrido de maíz Trueno.	13
Tabla 4. Descripción de los tratamientos de experimento establecido en el Centro de Apoyo Rio Verde, 2021.	15
Tabla 5. Densidad de esporas en suelo rizosférico correspondientes al promedio de tres replicas, por cada gramo de suelo Rio Verde, Santa Elena 2021.	20
Tabla 6. Resumen del análisis de varianza de los parámetros morfométricos y productivos: altura de la planta (AP), diámetro del tallo (\emptyset T), longitud de la mazorca (LM) y biomasa seca (MS) de plantas de maíz (<i>Zea mays</i> , L) bajo el efecto de tres niveles de fertilización mineral e inoculación micorrízica, evaluados a los 15, 20, 25, 30, 35, 40 DDE. Centro de Apoyo y prácticas Rio Verde, 2021. Continua... ..	26
Tabla 7. Significancia estadística de altura de plantas (cm)	28
Tabla 8. Significancia estadística de la variable diámetro del tallo	28
Tabla 9. Significancia estadística de la masa seca de la planta (g)	29
Tabla 10. Significancia estadística de la longitud de la mazorca (cm)	31

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Imagen satelital del Centro de Apoyo y prácticas Rio Verde	11
Figura 2. Diseño de bloques experimentales con su distribución de tratamientos ...	15
Figura 3. Diseño de las parcelas experimentales constituidas por cuatro surcos	16
Figura 4. Esporas de géneros de HMA identificadas el área de estudio en el Centro de Prácticas Rio Verde, Santa Elena 2021. A) <i>Scutellospora crenulata</i> , B) <i>Glomus multicaule</i> , C) <i>Paraglomus laccatum</i> , D) <i>Entrophospora nevadensis</i> , E) <i>Acaulospora paulinae</i> , F) <i>Diversispora celata</i> , G) <i>Funneliformis caledonium</i> , H) <i>Rhizophagus clarus</i> , I) <i>Pacispora sp.</i> , J) <i>Gigaspora gigantea</i>	24

ÍNDICE DE ANEXOS

Imagen 1A. Recolección de muestra del suelo en el área experimental - Rio Verde.

Imagen 2A. Semillas de maíz híbrido Trueno.

Imagen 3A. Inoculante micorrízico.

Imagen 4A. Instalación del experimento.

Imagen 5A. Control del cultivo con insecticida biológico *Metarhizium anisopliae*.

Imagen 6A. Aplicación de Fertilizante Yara mila complex.

Imagen 7A. Evaluaciones morfométricas del cultivo.

Imagen 8A. Secado de muestras en la estufa.

Imagen 9A. Evaluación de la masa seca del cultivo.

Imagen 10A. Monitoreo del cultivo del maíz.

Imagen 11A. Medición de la longitud de la mazorca.

Imagen 12A. Cosecha del maíz.

INTRODUCCIÓN

En la línea de la costa de Santa Elena predomina los suelos de tipo Aridisol que son característicos por tener contenidos bajos de materia orgánica y baja fertilidad, lo que conlleva a una disminución de productividad de los cultivos, presentan superficies con buena retención de humedad y bajos en nutrientes en fósforo y potasio (Rivera, 2015).

El cultivo de maíz demanda de fertilización y el macronutriente más complejo en manejar es el fósforo (P), la aplicación depende de la disponibilidad de este elemento en el suelo y sobretodo de factores del cultivo, suelo y manejo de fertilizante, cabe mencionar que este elemento es indispensable en la fotosíntesis y calidad de la planta de maíz (León, 2017).

La deficiencia del P hará que las plantas luzcan enfermas y marchitas, la dosis de P recomendada depende de las necesidades del cultivo, los niveles de P son importantes porque son la clave principal para decidir el uso de fertilizantes fosfatados (FAO, 2013). El fósforo es un nutriente esencial por el cual es deficiente en la producción agrícola, favorece el crecimiento de las plantas ayuda a que se reproduzcan de forma óptima y que crezcan más temprano beneficiando su ciclo vegetativo (Fertibox, 2019).

Los Hongos Micorrízicos Arbusculares (HMA) en los cultivos de maíz representan grandes beneficios, habiendo microorganismos que captan nutrientes y otros que son pocos móviles en el suelo, por ejemplo el fósforo y nitrógeno, así también favorecen al crecimiento, producción del cultivo y ayuda a la disminución de utilizar fertilizantes químicos (Martín, 2015).

Los hongos micorrízicos permiten que los nutrientes de suelo sean asimilados de manera eficiente y eficaz, la absorción de P es el principal beneficio que obtienen las plantas, por ser baja en disponibilidad (Pérez, 2011).

Se denomina micorrizas a la asociación simbiótica que existe entre el hongo y las raíces de la planta (Kluger, 1986). Son favorecedores de a la tolerancia de estrés, aumentan la diversificación de especies vegetales y facilitan el intercambio de nutrientes (Álvarez, 2014).

Por otro lado con el desarrollo de micorrizas se puede ver afectado por los factores abióticos, así como el clima y las propiedades físico-químicas del suelo y por factores bióticos como las condiciones fisiológicas de la planta hospedera y las prácticas antrópicas (Martín, 2015).

En Santa Elena la mayor producción en la provincia es el cultivo de maíz de alto potencial, el condicionamiento de producción está influenciada por las condiciones climáticas e implementación de fertilizantes (Chabla, 2018). Usar micorrizas para la producción maicera es una nueva alternativa innovadora, ya que suplen las necesidades de cultivo en promover la movilización de nitrógeno y fósforo en el suelo (Chicaiza, 2014).

En Ecuador el interés por el uso de micorrizas se ha vuelto una alternativa que ayuda a mejorar la producción y aplicación de inoculantes así como los producidos que son generados a partir de HMA, por el cual cumplen funciones importantes dentro de la simbiosis que hay entre las raíces de las plantas (Carreón *et al.*, 2014).

En Ecuador son pocas las investigaciones de micorrizas en las plantas, varios estudios dan paso a la posibilidad del uso de estos microorganismos como futuros biofertilizantes de gran interés comercial (Bernal, 2010).

Una inoculación eficaz podría incrementar la producción del cultivo sin causar perjuicios al ambiente (Soto *et al.*, 2016).

En la presente investigación se propuso indagar la efectividad de los hongos micorrízicos arbusculares inoculados en el cultivo de maíz, evaluando parámetros morfométricos y productivos; sin embargo, también se planteó identificar los hongos micorrízicos nativos en los suelos de Río Verde.

Problema Científico:

¿Qué relación existe entre la aplicación de inoculantes micorrízicos y tres niveles de fertilización sobre los parámetros morfométricos y productivos del cultivo de maíz?

Objetivos**Objetivo General:**

❖ Evaluar los efectos de la inoculación micorrízica y la fertilización mineral sobre los parámetros morfométricos y productivos del cultivo de maíz.

Objetivos Específicos:

1. Evaluar el efecto de la inoculación micorrízica con diferentes niveles de fertilización sobre la morfometría y productividad del cultivo de maíz.
2. Determinar el mejor tratamiento que estimule la productividad del cultivo de maíz bajo las condiciones del área en estudio.
3. Identificar hasta el nivel de género los hongos micorrízicos nativos del área en estudio.

Hipótesis:

La aplicación de fertilizantes mejorará el rendimiento y características físicas del cultivo de maíz.

CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 Micorrizas

1.1.1 Origen y conceptos

Varios estudios indican que la evolución entre los hongos y raíces de las plantas se inició en la etapa del Paleozoico, hace más de 400 millones de años así también, con el origen de las plantas naturales terrestres que existen hoy en día. Los antepasados como son briófitos y helechos presentaban asociaciones a las que ahora conocemos como micorrizas arbusculares (Honrubia, 2009).

Las micorrizas es la unión de hongos y raíces, este término fue construido por el francés Frank al realizar un estudio de plantas que las definió como fibonientes. La palabra micorriza se deriva de los vocablos griegos mykos y rhiza que significa hongo y raíz. Las asociaciones simbióticas entre hongo y planta que no solo están establecidas en raíces sino en diferentes órganos de la planta son requeridos para el intercambio de nutrientes. Los hongos micorrízicos reciben de las plantas azúcares que necesitan para poder desarrollarse (Navarro, 2018).

1.1.2 Beneficios para las plantas

Las micorrizas traen varios beneficios a las plantas, ayudan a que sean eficientes al estrés hídrico, a una mejor asimilación de nutrimentos, crecimiento y desarrollo, a los agentes patógenos facilitan su adaptación a suelos salinos, facilita absorción de agua, limita la absorción de metales, ayuda al aumento de retención de humedad. Estos beneficios hacen que la planta se adapte al medio y que compitan con las demás plantas no tienen micorrizas (Fertibox, 2019).

1.1.3 Beneficios para el suelo

En cuanto a los beneficios del suelo ayuda a la absorción de metales pesados, al desarrollo radicular de las plantas, aumenta la retención de humedad de los suelos, permite agregación de partículas, evita las erosiones de suelo, beneficia la microbiota, existe dinámica del carbono orgánico y por último interviene en la fertilidad del suelo, es importante destacar el mejoramiento de los nutrientes en especial el del fósforo ya que en diferentes suelos ácidos o alcalinos, el P es poco soluble y las micorrizas facilitan su absorción en las plantas y suelo (Fertibox, 2019).

1.1.4 Prácticas que favorecen la micorrización

Las prácticas agroecológicas favorecen la micorrización y el uso de incorporación de residuos orgánicos al suelo genera efectos característicos con respecto a la disponibilidad de nutrientes. La actividad de la micorrización incrementa la absorción de algunos nutrientes de difícil movilidad en el suelo como el P, Fe, entre otros, debido a la acción del micelio externo del hongo micorrízico arbuscular (HMA) ligado a los sistemas radicales de las plantas, mayor absorción de agua, de N, K y algunos micronutrientes (Sanclemente *et al.*, 2018).

1.1.5 Evidencias actuales de la eficiencia de los HMA

La eficiencia de los hongos micorrízicos arbusculares toman en cuenta las consideraciones de los factores de agresividad y capacidad de los hongos micorrízicos que no solo dependen de la simbiosis sino de los factores ambientales por tal motivo aumentan la selección de cepas eficientes de HMA (Tapia *et al.*, 2010).

Tabla 1. Información relevante de las micorrizas en algunos países latinos.

País	Género de micorrizas	Inoculantes o nativas	Cultivo	Principales efectos	Autor(a)
Colombia	<i>Glomus</i> sp.	Inoculante líquido	Aguacate	La asociación simbiótica de los HMA ha dado un efecto positivo en la planta derivado de la interacción con el hongo.	Montenegro Patricia
Cuba	<i>Glomus cubens</i>	Inoculante líquido Azofer	Maní	Su funcionamiento de este inoculante incrementó significativamente la masa seca aérea y el rendimiento	Mujica Pérez

Tabla 1. Continuación

Ecuador	<i>Glomus</i> y <i>Gigaspora</i>	Hongos formadores de micorriza. Inoculante líquido	Melina o gamhar	Se ha definido como efectividad en la promoción del crecimiento y nutrición de las plantas.	Meza Fabricio
Cuba	<i>Glomus</i> <i>mosseae</i> y <i>Glomus</i> <i>cupense</i>	Inoculante líquido	Tomate	Proporción alta entre el funcionamiento fúngico y la respuesta productiva del cultivo del tomate, destaca que la asociación de micorriza arbuscular cultivo suelo, favorece el desarrollo y la producción	Mujica Pérez
Cuba	<i>Glomus</i> sp	Inoculante líquido	Arroz	En efecto aumenta la presencia micorrización con el inoculante líquido de micorrizas en el cultivo de tomate, lechuga y maíz en condiciones de suelos neutros, salinos y con buena aireación.	Fernández, J.

Fuente: Elaboración propia.

1.1.6 Perspectivas futuras para los inoculantes micorrízicos en la región de América Latina y el Caribe.

La producción de inoculantes micorrízicos que se han experimentado representan grandes aumentos en la pasada década, sin embargo, hay prácticas que demuestran que no existe un portador universal para la elección de inoculantes, sino que acatan las características de los cultivos y condiciones de manejo. En América Latina las experiencias con el manejo de simbiosis micorrízica han contribuido significantes resultados representando ilustraciones relacionados con simbiontes en las prácticas agrícolas en la actualidad. Las producciones a base de inoculante de HMA, se ha vuelto un mecanismo para la inclusión de los hongos en las prácticas agrícolas todo correspondido por nuevas tecnologías de los cultivos y la exigencia. Estos experimentos tienen un ascenso con un 40% en el continente europeo y americano (Mujica, 2020).

1.2 Cultivo de maíz

1.2.1 Origen y distribución

El maíz se originó en México, algunos tipos de especies más desarrollados emigraron hacia otros países de América, surgió entre los años 8.000 y 600 A.C en Mesoamérica. El maíz se adapta a lugares de invierno y verano.

El maíz es una gramínea, y en la actualidad es el cereal con mayor producción en el mundo, seguido del trigo y arroz. Su nombre científico proviene del griego Zeo que significa vivir y Mahíz que significa nativos del Caribe. El maíz se fue distribuyendo a lo largo de todo el continente americano, Canadá, Chile y América Central, hasta llegar al Caribe, Brasil y Argentina. Gracias a estas migraciones el maíz actualmente tiene gran variedad de especies (Pliego, 2011).

1.2.2 Clasificación taxonómica

Según (Acosta, 2009), indica que la clasificación taxonómica del maíz es la siguiente:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Orden: Poales

Familia: Gramínea

Género: *Zea*

Especie: *Zea mays*

1.2.3 Características morfológicas

La estructura la planta de maíz está constituida por raíces fibrosas y un tallo erecto con diferentes tamaños. El maíz puede oscilar una altura de 2.5 a 3 metros, según el cultivo y condiciones ambientales (Eglenis., *et al* 2011).

Raíz

Las raíces están constituidas por una raíz primaria, que es muy necesaria para cumplir su germinación, también tiene un sistema de raíces adventicias que se acerca al nivel de la corona del tallo. El sistema radical depende de varios factores como la humedad y la preparación del suelo, durante sus primeros 25 días de vida, alcanza profundidades entre 1.6 a 1.8 metros.

Tallo

Su tallo formado por nudos y entrenudos que sostienen a la planta, junto a ello las hojas está en posición para cubrir el tallo. El tallo es de estructura carnosa y filamentosa que requiriere cantidades de agua.

Hoja

Es una espiga ubicada en el término del tallo, conforma 25 a 30 espiguillas.

Flor

Tienen 2 tipos de flores, femeninas y masculinas que se envuelven y son denominadas glunas y están protegidas por leunas. La inflorescencia masculina se encuentra en la parte terminal de la planta en cambio la inflorescencia femenina están ubicadas en las axilas de la planta y es una espiga o mazorca, está protegida por bacterias y resguarda granos de agua y de agentes externos como plagas y enfermedades.

Fruto

El grano es el fruto del maíz el que conocemos como mazorca y es el que se comercializa para poder ser consumido.

1.2.4 Requerimiento nutricional

Moderna (2018) plantea que el cultivo de maíz requiere elementos esenciales para cumplir con sus distintas funciones.

Nitrógeno

El nitrógeno es un requerimiento nutricional primordial que sirve para el crecimiento de la planta, adicionando colores verdes a las hojas e incrementando las proteínas del cultivo. Este macronutriente ayuda a la actividad metabólica y desarrollo de la planta.

Fósforo

El fósforo es un macronutriente fijado en el suelo que aporta al desarrollo del sistema radicular y al desarrollo de brotes y follaje es indispensable en las etapas tempranas del desarrollo del cultivo.

Potasio

Este macronutriente es importante para construir tejidos de las hojas, tallo y metabolismo de otros nutrientes como el nitrógeno, es beneficioso para las formaciones de azúcares y almidones.

1.2.5 Labores culturales

Según INIAP (2011) indica las siguientes labores culturales como:

Raleo

Se plasma esta labor excluyendo las plantas enfermas, dobladas y cuando el cultivo llega a una elevación de 25 a 30 cm. Es recomendable dejar dos plantas por área.

Deshierba o Rascadillo

Esta labor se realiza cuando se pierde el suelo, y existe aeración de raíces y eliminación de hierbas durante 60 días después de la germinación. La planta debe alcanzar una altura de 25 a 30 cm.

Aporque

Se realiza a los 45 días después que se ubica tierra en torno a de la planta, gracias a esta labor se mantiene las plantas firmes.

Defoliación y despunte

La defoliación o llacado, es una de las prácticas tradicionalmente llamativas ya que consiste en eliminar las hojas caídas de la planta, estas hojas son utilizadas para alimento de animales como cuyes, conejos, bovino y ovino.

1.2.6 Fertilización

Según Motato (2016) indica que los fertilizantes se deben aplicar con respecto a los análisis de suelo, tradicionalmente son fabricados a base de nitrógeno, fósforo y potasio. La urea se utiliza a un 46% para complementar dosis de nitrógeno, al 50% de la fracción recomendada debe ser aplicada a los 15 días después de la plantación, la segunda dosis se aplica alrededor de 30 días después de la plantación, siempre y cuando el suelo esté húmedo. Cuando se presenta la época seca, el maíz se siembra aplicando dosis total de nitrógeno después de 15 días de la plantación, estas fertilizaciones deben aplicarse en bandas superficiales.

CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Caracterización del área en estudio

La presente investigación se realizó entre los meses de julio a octubre de 2021 en el centro de producción y prácticas “Río Verde” perteneciente a la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Estatal Península de Santa Elena. Ubicado en el kilómetro 35 de la vía Salinas-Guayaquil, bajo las coordenadas geográficas WGS84 referenciales: Latitud -2,304865, Longitud -80,698966, Altitud 54 msnm (Balmaseda y Ponce de León, 2019). La ubicación del área en estudio se puede observar en la Figura 1.



Figura 1. Imagen satelital del Centro de Apoyo y prácticas Río Verde

Fuente: Google Earth, 2021.

2.2 Características edafoclimáticas del área de estudio

Clima

El clima de Río Verde está condicionado por dos estaciones al año, una estación lluviosa que va desde los meses de abril a diciembre, y otra estación seca entre los meses de mayo a noviembre. Esta zona experimental presenta una humedad relativa de 88%, con temperaturas que varían entre 21 °C a 30 °C y precipitación anual de 100 mm en tiempos lluviosos (AccuWeather, 2020).

Suelo

Según estudios realizados por Balmaseda y Ponce de León, 2019 los suelos de Río Verde pertenecen al orden taxonómico Aridisoles subgrupo Sodic Haplocambids, clase textural predominantemente Franco arcillo arenosa, con pH ligeramente alcalino (7.9) y contenidos bajos de materia orgánica de 0.9% y fósforo (9 ug/mL), son suelos donde el principal factor limitante son la fertilidad (18,50 meq/100 mL- Σ Bases) y la poca profundidad efectiva (Tabla 2).

Tabla 2. Características físicas y químicas de suelos del centro de producción y prácticas de Río Verde.

Calicatas	Prof. (cm)	Clase textural	pH	MO %	Σ Bases meq/10 0 mL	NH4 P K		
						ug/mL		
01 – AB	0 - 20	Franco- Arcillo- Arenoso	7.9 LAI	0.90 B	18.50	16 M	9 B	197 A
01 – Bw	20 - 36	Franco- Arcillo- Arenoso	7.7 LAI	0.90 B	17.59	35 M	4 B	92 M
01 – C1	36 - 70	Franco- Arcillo- Arenoso	8.3 MeAI	0.40 B	17.00	22 M	4 B	74 B

Fuente: Balmaseda y Ponce de León, 2019.

2.3 Material biológico y condiciones experimentales

En este experimento se utilizó como material vegetal semillas de maíz híbrido “Trueno” el cual presenta un ciclo precoz, alto potencial productivo y gran capacidad de adaptación a las condiciones edafoclimáticas del sector, cuyas características se detallan en la Tabla 3.

Tabla 3. Características del híbrido de maíz Trueno.

Características	Híbrido Trueno
Días a floración femenina	52 – 54 días
Altura de planta	21 metros
Inserción de mazorca	1,1 metros
Cierre de punta	Excelente
Longitud de mazorca	16 cm
Numero de hileras/mazorca	14-16
Grano	Anaranjado cristalino

Fuente: Agripac, 2019.

Como inoculante micorrízico se utilizó el producto comercial Huxtable®, el cual tiene apariencia física de gránulos tipo polvo fino con un grado de infección de 50 unidades de endoectomicorrizas provenientes de bosques de árboles nativos del Ecuador.

Previo al establecimiento del experimento se ejecutó un muestreo de suelo del área experimental, por el cual se realizó un recorrido en forma zig-zag y con la ayuda de una pala se colectaron 10 submuestras de suelo a una profundidad de 0-20 cm, las muestras fueron llevadas al laboratorio de Microbiología del Centro de Investigaciones Biotecnológicas de la ESPOL para los análisis de cuantificación de esporas.

2.3.1 Antecedentes de uso del suelo

Anteriormente en el área experimental se cultivaba maíz. En la tierra de cultivo se dejó de sembrar durante un año.

2.3.2 Preparación del suelo

La preparación del suelo se realizó una semana previa a la siembra, con el propósito de que el suelo tenga condiciones adecuadas para el desarrollo del cultivo, removiendo el suelo de forma manual con ayuda de azadones y rastrillos cubriendo las parcelas útiles del área experimental. Posteriormente se eliminaron los restos de malezas quedando limpio el terreno.

2.4 Materiales, equipos e insumos

Materiales de campo

- Palas
- Rastrillo
- Azadón
- Estacas
- Fundas
- Cinta métrica
- Machete
- Regla
- Píolas
- Libreta

Equipos

- Estufa
- Balanza electrónica

Insumos

- Semillas
- Fertilizantes
- Abono
- Inoculante
- Agua

2.5 Diseño experimental

En el caso de las variables de conteo e identificación de esporas se realizó un análisis descriptivo. Para el experimento se estableció un diseño completamente al azar (DCA) con cuatro repeticiones por tratamiento. Los tratamientos estuvieron conformados como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4. Descripción de los tratamientos de experimento establecido en el Centro de Apoyo Rio Verde, 2021.

N°	Tratamiento	Descripción
1	FC ₀ +IM ⁽⁻⁾	Sin fertilización y sin inoculación micorrízica
2	FC ₀ +IM ⁽⁺⁾	Sin fertilización + con inoculación micorrízica
3	FC _{50%} +IM ⁽⁺⁾	Fertilización (50%) dosis + con inoculación micorrízica
4	FC _{75%} +IM ⁽⁺⁾	Fertilización (75%) dosis + con inoculación micorrízica

Fuente: Elaboración propia

El área total del experimento fue de 441 m² en donde se distribuyeron los tratamientos, los cuales estuvieron constituidos por parcelas de 16 m² cada una (4 x 4 m) (Figura 2).

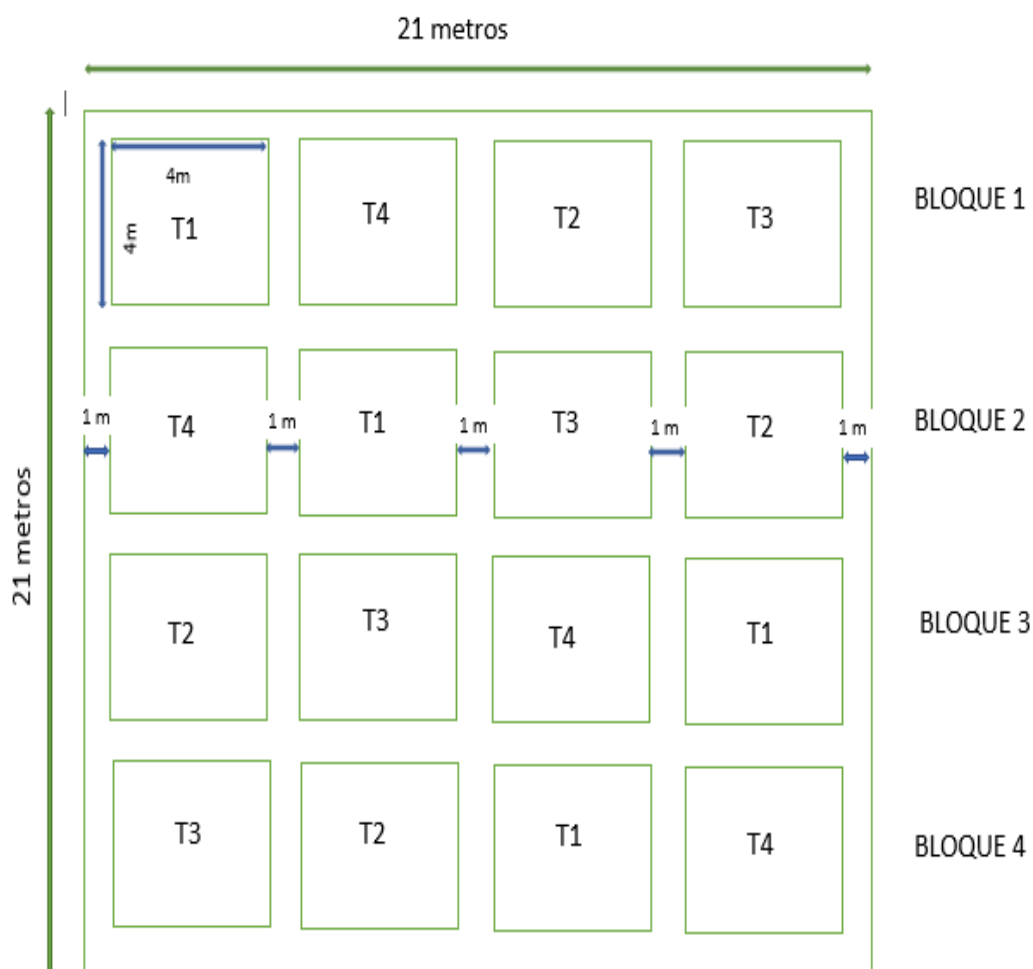


Figura 2. Diseño de bloques experimentales con su distribución de tratamientos

Las parcelas estuvieron constituidas por 4 surcos de 4 metros de largo con un espaciamiento de 1 metro entre surco. Se consideró como útiles los dos surcos

centrales sin considerar 0.5 m de los bordes. Para las evaluaciones morfológicas se tomaron únicamente las plantas de los surcos centrales con la finalidad de reducir el efecto de borde como se detalla en la Figura 3.

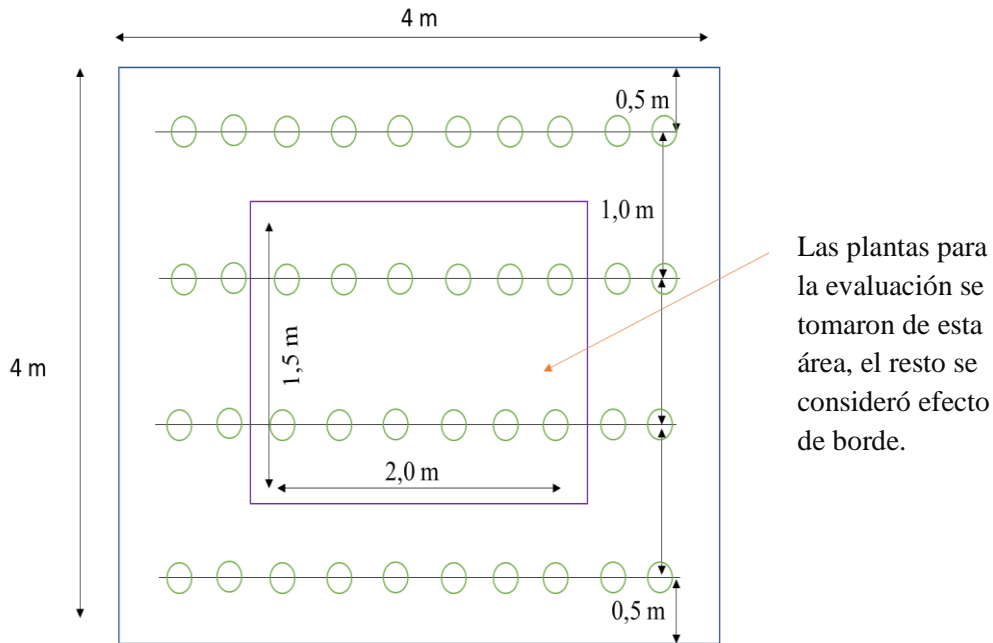


Figura 3. Diseño de las parcelas experimentales constituidas por cuatro surcos

2.6 Conducción del experimento

2.6.1 Inoculación y siembra

Se sembraron las semillas utilizando la técnica al espeque con suelo húmedo, se sembraron 2 semillas por hoyo a 0.40 m entre planta y 1 m entre hilera, antes de la siembra de las semillas fueron previamente inoculadas con la aplicación del producto comercial Huxtable®, se aplicó la dosis recomendada por el fabricante de 5g por planta, aplicando el método del recubrimiento de semilla que consistió en colocar las semillas en el hoyo del suelo y encima el producto comercial de micorrizas obteniendo una adecuada distribución del inoculante sobre las mismas.

Se realizó un devaste en la fase V3 del cultivo hasta alcanzar una densidad poblacional aproximada de $1.103 \text{ plantas} \cdot \text{ha}^{-1}$.

2.6.2 Fertilización

La dosis de fertilización mineral se determinó en base a las necesidades del cultivo, siendo estas dosis de 12 kg ·ha⁻¹ de N, de 11 kg ·ha⁻¹ de P y de 18 kg ·ha⁻¹ de K. Se utilizó como fertilizante Yara mila complex y las dosis fueron aplicadas en tres parcializaciones a los 20, 30 y 45 días después de la siembra (DDS), a razón de 10 g ·planta⁻¹. Las dosis de fertilizante se aplicaron de acuerdo a los tratamientos descritos anteriormente.

2.6.3 Atenciones culturales al cultivo

Para este experimento se empleó el sistema de riego por goteo. Durante los 30 días después de la siembra el riego se realizó dos horas diarias pasando un día, a los 15 días antes de la floración el cultivo necesitaba mayor cantidad de agua por el cual se aumentó una hora más de riego, es decir 3 horas diarias pasando un día, finalmente en la etapa de maduración y cosecha el riego fue suspendido.

Durante el desarrollo del cultivo se realizó el monitoreo constante de plagas y malezas y por el cual se estableció un plan de manejo integrado del mismo, basado en el control biológico con la finalidad de no interferir en el proceso de micorrización. Para el control de *Spodoptera frugiperda* se utilizó el hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* y las malezas fueron controladas con métodos manuales.

El experimento tuvo una duración de 93 días después de la emergencia de las plantas (DDE); Se realizaron evaluaciones de parámetros morfológicos a los 15, 20, 25, 30, 35 y 40 DDE de las plantas.

Los parámetros productivos fueron evaluados a los 93 DDE y consistió en coleccionar las mazorcas en estado lechoso y se procedió a medir la longitud de las mazorcas.

2.7 Parámetros evaluados

2.7.1 Identificación y conteo de esporas de HMA nativos

a) Colecta de suelos

Se realizó una colecta de suelo antes de establecer el cultivo para identificar los HMA nativos y cuantificar las esporas presentes en el área en estudio. Para lo cual se tomó una muestra compuesta de suelo formada por submuestras retiradas aleatoriamente a

una profundidad de 0-20 cm con barreno inglés, las muestras una vez homogenizadas se almacenaron en fundas herméticas y conservaron en refrigeración hasta ser enviadas para análisis en el Laboratorio de Microbiología del Centro de Investigaciones Biotecnológicas de la ESPOL (CIBE-ESPOL).

b) Cuantificación de esporas

De la muestra compuesta de suelo se tomó 50 g para hacer la extracción de esporas según el método de Gerdman y Nicolson (1963), luego centrifugados en solución de sacarosa al 40% (Jenkins, 1964). Por último, se realizó el conteo de esporas en estereoscopio óptico.

c) Identificación de hongos

Las esporas extraídas fueron preparadas en láminas para su conservación y posterior identificación. Se usó como técnica de fijación el PVLG (Alcohol polivinílico-ácido láctico-glicerol) y reactivo de Melzer (Koske, R. E. y Tessier, B. A, 1983). En cada lámina se ubicaron de diez a quince esporas para identificación con microscopio óptico con ayuda del Manual de Blaszkowsk (2003).

2.7.2 Evaluaciones morfométricas del cultivo

2.7.2.1 Altura de la planta

Con la ayuda de una cinta métrica se midió 10 plantas al azar en el área útil de la parcela, considerando a distancia desde la base de la planta hasta la inserción de la hoja bandera. Esta evaluación se realizó con una frecuencia semanal.

2.7.2.2 Diámetro del tallo

Se tomó como referencia una altura de 10 cm del tallo midiendo desde el ras del suelo el diámetro del tallo.

2.7.2.3 Biomasa seca

Para determinar la evaluación de la masa seca del cultivo se realizó la extracción de 3 plantas al azar del área útil de la parcela para cada tratamiento, cortadas con un estilete de forma transversal al ras del suelo luego fueron colocadas en un sobre papel y posterior a ello identificadas por tratamiento y repetición. Las muestras fueron colocadas en una estufa, durante 72 horas a una temperatura 65 °C.

2.7.2.4 Evaluación de largo de la mazorca de maíz

Se colectaron 10 mazorcas al azar del área útil de la parcela y se determinó:

Largo de la mazorca: se midió el largo de la mazorca, considerando la distancia entre el primer y último grano de la línea más larga para la obtención del valor medio de largo en centímetros. Se evaluaron 10 mazorcas seleccionadas al azar del área útil de cada tratamiento.

2.8 Análisis estadístico de los resultados

Los resultados obtenidos fueron sometidos al análisis de varianza con el test F, por el programa estadístico Infostat. Cuando los efectos fueron significativos, se realizó un ANOVA y test de Tukey para comparación de medias con un nivel de significancia $p < 0,05$.

CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Cuento e identificación de esporas de HMA nativos

En la Tabla 5 se muestra la densidad promedio de esporas encontradas en el área en estudio. Los resultados obtenidos del conteo de esporas revelan un promedio de 1.281 esporas por gramo de suelo.

Tabla 5. Densidad de esporas en suelo rizosférico correspondientes al promedio de tres replicas, por cada gramo de suelo Rio Verde, Santa Elena 2021.

Muestra	R1	R2	R3	Promedio Esporas/gramo de suelo	Densidad
Área en estudio	1.354	1.191	1.299	1.281	Media

Los suelos aridisoles de Río Verde son característicos por ser pobres en materia orgánica (Balmaseda y Ponce de León, 2019). Por esta condición las micorrizas se vuelven una relación obligada para el crecimiento de los cultivos.

En estudios realizados en áreas cultivadas de Ecuador la densidad de esporas varía entre 17.51 a 20.28 esporas gramo de suelo⁻¹ en zonas de Trópico Húmedo (Prieto *et al.*, 2012), en cinco sistemas agroforestales de cacao. En zonas áridas y semiáridas plantadas con maíz de Brasil se ha reportado densidades de esporas de 1 a 2.6 esporas gramo de suelo⁻¹ (Aragao, 2015).

Generalmente en zonas áridas y semiáridas la densidad de esporas suele ser mayor ya que estas condiciones ambientales estimulan la esporulación (Cardoso *et al.*, 2003) ya que en esas condiciones son más susceptibles a la esporulación y parasitismo (Lovelock *et al.*, 2003).

La diversidad en los valores de densidad de esporas estaría relacionada con factores como la cantidad de raíces finas, humedad del suelo, biodiversidad de especies vegetales, concentración de nutrientes, proporciones de arcilla y arena (Sanjuan de Medeiro y Valle Ferreira, 2018), manejo y tipo de cultivo (Robles *et al.*, 2012).

Varios autores indican que la densidad de esporas está influenciada por los aspectos ambientales, según los niveles de pH, materia orgánica y otros nutrientes del suelo rizosférico (Moína, 2018).

3.2 Identificación de géneros de HMA en el área en estudio

Se identificaron 10 géneros de hongos micorrízicos arbusculares como se muestra en la Figura 4. Los géneros encontrados se corresponden con *Scutellospora*, *Glomus*, *Paraglomus*, *Entrophospora*, *Acaulospora*, *Diversispora*, *Funneliformis*, *Rhizophagus*, *Pacispora* y *Gigaspora*.

La diversidad de HMA está relacionada con la influencia de acciones humanas, áreas menos intervenidas generalmente tienen mayor diversidad (Lumini *et al.*, 2010).

El cultivo de maíz se caracteriza por ser menor selectividad para el establecimiento de especies de HMA por lo que es común el desarrollo de comunidades abundantes.

Acaulospora y *Glomus* se caracterizan por tener gran adaptabilidad a diferentes ecosistemas y toleran rangos de pH variables (Bonfim *et al.*, 2013)

Características morfológicas de los HMA.

Glomus multicaule, (Figura 4-B) se caracteriza por esporas que presentan colores que van de gris a rojizo, tienen forma globosa y producen endomicorrizas con arbusculos y vesículas (Pérez, 2012).

Las esporas correspondientes al género *Funneliformis caledonium* (Figura 4-G), es el género menos común y estudiado, presentan una característica peculiar, la base de las esporas tienen forma de embudo, con coloración amarillo pálido a marrón y su forma es globosa (Salmerón, 2015).

Los géneros *Gigaspora* y *Scutellospora* (Figura 4 A-J) son reconocidos porque poseen características similares, ambos con esporas de gran tamaño, presentan células bulbosas y requieren de una fase de colonización radical, pero existen otras características que difieren entre ellas, en las *Gigaspora gigantea*, se caracteriza por tener una pared externa totalmente lisa, sus esporas son redondas y van de color blanco cremoso a hialinas, mientras que las *Scutellospora crenulata*, presenta esporas de color

amarillo, tiene forma oblonga, son de gran tamaño con paredes lisas y ornamentadas, no requiere de esporulación para colonizarse en las raíces del suelo (Medina, 2010).

Los géneros *Paraglomus* y *Pacispora* (Figura 4 C-I), tienen esporas que se forman en las hifas terminal, son pequeñas hialinas con una pared delgada y fácil de descomponerse en el suelo, característica similar como las del género *Glomus* (Walker, 2014).

El género *Acaulospora paulinae* fue identificado por tener esporas de forma oblonga y suboblonga de color hialino o amarillo pálido, pared compuesta por tres capas (Figura 4-E), están presentes en suelos franco arenosos (Walker, 2014).

El género *Entrophospora nevadensis* (Figura 4-D) se forma de manera individual en el suelo, sus esporas van de color amarillo a marrón, las esporas muestran dos paredes con tres capas visibles y espinosas (Raya, 2019).

Diversispora celata, se diferencia porque muestran variación en su tamaño (Figura 4-F), las del género *Rhizophagus* (Figura 4-H), presenta esporas espesas que van de color amarillo a marrón, la mayoría de éstas se encuentran en las especies glomoides (Cofré, 2019).

Según el análisis físico-químico corrobora que el género en mayor diversidad es el género *Glomus*, dominante en la mayoría de las poblaciones nativas. Así mismo en Ecuador el género *Glomus* es común en la mayoría de los suelos debido a su capacidad de adaptación a las condiciones edáficas, presentan mayor rapidez de reproducción y facilidad de colonizar raíces, es posible que este género se encuentre en simbiosis activa con mayor proporción que los demás, la diversidad de géneros encontrados en esta investigación son similares reportados por Prieto (2012) en Chile, los géneros dominantes del estudio fueron *Glomus* y *Entrophospora*.

Los géneros *Gigaspora* y *Scutellospora* promueven mayor absorción de nutrientes y son altamente diversos en los trópicos, se conoce poca la presencia en suelo ecuatoriano, sin embargo, se han logrado identificar en las provincias de Santo Domingo de los Tsachilas y Los Ríos (Barrer, 2009).

Si bien los géneros *Enterophospora*, *Funneliformis* y *Pacispora* sp., no han sido identificados en su totalidad, pero se conoce la presencia de estos en estudios realizados en Colombia y Perú.

El género *Acaulospora* es característico por optar una baja capacidad de colonizar raíces y se han reportado en los cultivos de papa y yuca en suelos andinos de Colombia. En Ecuador este género es encontrado en estudios realizados en Quito de manera escasa y reportada por primera vez en zonas del trópico ecuatoriano (Rodríguez y Sanders, 2015).

Paraglomus y *Rhizophagus* son géneros pocos diversos pero debido a su rusticidad y plasticidad, se adaptan a gran diversidad de suelos, incluyendo suelos de baja fertilidad, así como a las condiciones climáticas adversarias a altas temperaturas y bajas precipitaciones; estas especies han sido reportadas en la Amazonía Peruana (Ruiz, 2011).

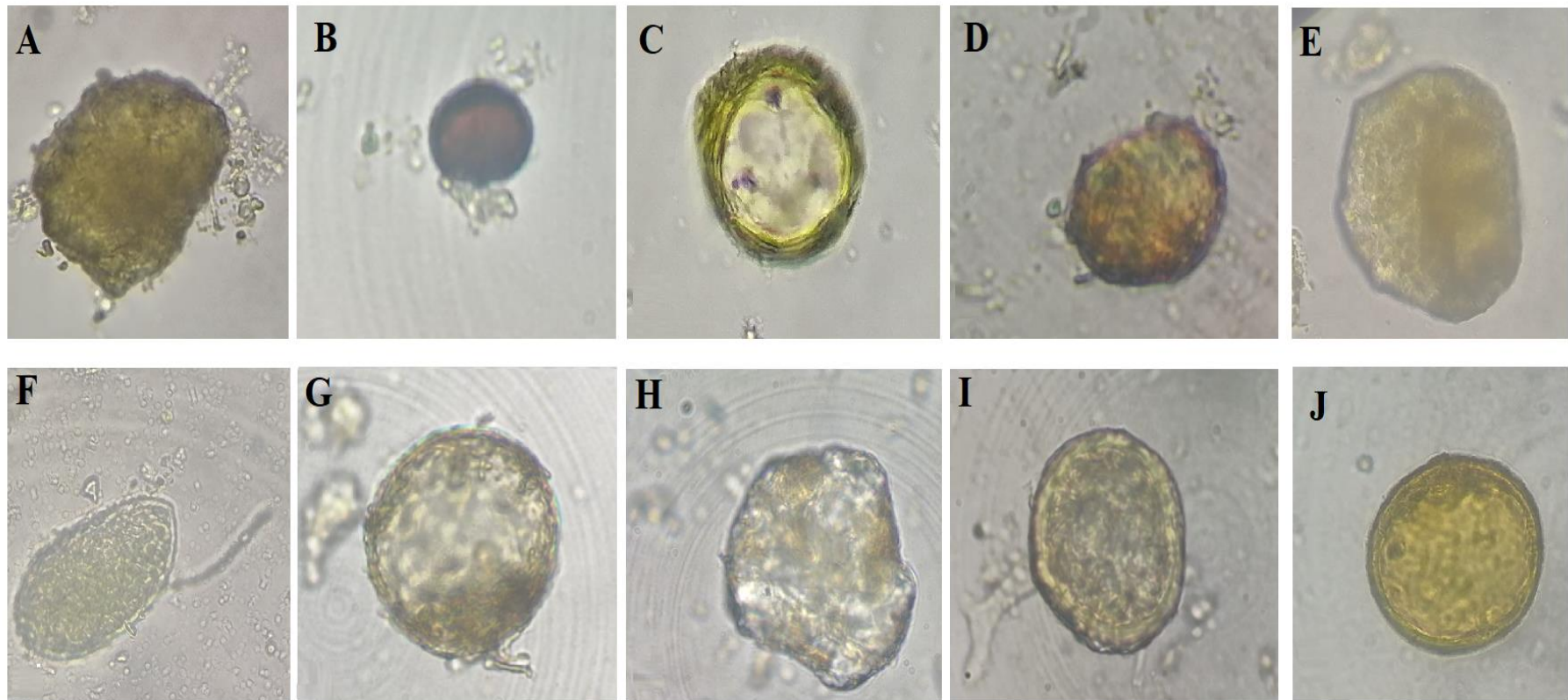


Figura 4. Esporas de géneros de HMA identificadas el área de estudio en el Centro de Prácticas Rio Verde, Santa Elena 2021. A) *Scutellospora crenulata*, B) *Glomus multicaule*, C) *Paraglomus laccatum*, D) *Entrophospora nevadensis*, E) *Acaulospora paulinae*, F) *Diversispora celata*, G) *Funneliformis caledonium*, H) *Rhizophagus clarus*, I) *Pacispora sp.*, J) *Gigaspora gigantea*.

3.3 Efectos en los parámetros morfométricos del cultivo del maíz

En la Tabla 6 se muestran los resultados del análisis de varianza de los parámetros morfométricos evaluados en las plantas de maíz, de los 15 a los 40 días después de la emergencia de las plantas (DDE), bajo el efecto de tres niveles de fertilización mineral e inoculación micorrízica. Se observaron diferencias estadísticamente significativas en los momentos evaluados para todas las variables.

Para la variable altura de la planta, se obtuvo una media de 5.23 cm en los primeros quince días después de la inoculación, siendo superior a los 40 DDE con una media de 50.25 cm; por otro lado, los coeficientes de variación (CV) oscilaron entre 19.76% que es bajo con respecto a los resultados obtenidos a los primeros 20 DDE con un valor de 24.99%; el comportamiento de la altura durante el experimento fue ascendente hasta alcanzar sus puntos máximos.

El análisis de varianza para el diámetro del tallo muestra una media de 1.44 cm a los 25 DDE, observándose en las medias el aumento del diámetro del tallo donde se aplicó fertilizante y micorrizas por el cual se evidencia el efecto en la etapa del crecimiento de las plantas con una media de 2.62 cm a los 40 DDE con un coeficiente de variación de 18.35%.

La variable longitud de la mazorca fue evaluada a los 93 DDE, mostrando un coeficiente de variación de 15.02% y se obtuvo una media de 20.21 cm. (Tabla 6, continuación)

En cuanto a la biomasa seca se obtuvo una media de 1.89 g a los 60 DDE y un porcentaje de coeficiente de variación de 11.34%.

Tabla 6. Resumen del análisis de varianza de los parámetros morfométricos y productivos: altura de la planta (AP), diámetro del tallo ($\emptyset T$), longitud de la mazorca (LM) y biomasa seca (MS) de plantas de maíz (*Zea mays*, L) bajo el efecto de tres niveles de fertilización mineral e inoculación micorrízica, evaluados a los 15, 20, 25, 30, 35, 40 DDE. Centro de Apoyo y prácticas Rio Verde, 2021. Continua...

CUADRADOS MEDIOS													
ALTURA DE LA PLANTA													
F.V	G.L	15 DDE		20 DDE		25 DDE		30 DDE		35 DDE		40 DDE	
		AP	Pr>Fc	AP	Pr>Fc	AP	Pr>Fc	AP	Pr>Fc	AP	Pr>Fc	AP	Pr>Fc
TRATAMIENTO	3	5.16	0.0267*	20.49	0.0006*	45.93	0.0192*	191.31	0.0002*	1348,29	0.0001*	5149.21	0.0001*
ERROR	156	1.63		3.37		13.49		26.67		65.95		135.64	
CV%		24.47		24.99		22.02		19.76		22.5		23.18	
Media		5.23		7.34		16.68		26.13		36.09		50.25	
DIAMETRO DEL TALLO													
F.V	GL			$\emptyset T$	Pr>Fc	$\emptyset T$	Pr>Fc	$\emptyset T$	Pr>Fc	$\emptyset T$	Pr>Fc	$\emptyset T$	Pr>Fc
TRATAMIENTO	3			0.22	0.1116 n.s	1.35	0.0001*	4.82	0.0001*	5.10	0.0001*		
ERROR	156			0.11		0.21		0.31		0.23			
CV%				22.98		21.94		22.37		18.35			
Media				1.44		2.1		2.49		2.62			

CV = Coeficiente de variación, * = Significativo, ns = no significativo.

Continuación Tabla 6.

CUADRADOS MEDIOS			
LONGITUD DE LA MAZORCA			
F.V	G.L	LM	Pr>Fc
TRATAMIENTO	3	487.01	0.0001*
ERROR	156	9.21	
CV%		15.02	
Media		20.21	
BIOMASA SECA			
F.V	G.L	MS	Pr>Fc
TRATAMIENTO	3	1.69	0.0130*
ERROR	12	0.31	
CV%		11.34	
Media		1.89	

CV = Coeficiente de variación, * Significativo

3.3.1 Altura de las plantas

En la Tabla 7 se muestra los valores medios de los tratamientos sobre la variable altura de la planta. Se observó que a los 15, 20, 25, 30 y 35 DDE el T₂ (sin fertilización más inoculación micorrízica) superó significativamente a los demás tratamientos, con valores de 5.55, 7.84, 17.93, 26.43 y 33.32 cm respectivamente, seguido del tratamiento T₄ (Fertilización al 75% más inoculación micorrízica) que durante los 15 a 40 días evaluados fue el mejor obteniendo alturas con valores de 5.45, 8.03, 17.20, 28.75, 43.78 y 64.83 cm.

Tabla 7. Significancia estadística de altura de plantas (cm)

Tratamientos	MEDIAS											
	15 DDE	20 DDE	25 DDE	30 DDE	35 DDE	40 DDE						
T1 FC ₀ +IM ⁽⁻⁾	5.15	ab	6.97	ab	15.77	b	23.42	b	30.30	c	39.55	c
T2 FC ₀ +IM ⁽⁺⁾	5.55	a	7.84	a	17.93	a	26.43	a	33.32	ab	43.23	c
T3 FC _{50%} +IM ⁽⁺⁾	4.75	b	6.51	b	15.80	b	25.90	ab	36.95	b	53.38	b
T4 FC _{75%} +IM ⁽⁺⁾	5.45	ab	8.03	a	17.20	ab	28.75	a	43.78	a	64.83	a

Medias con letras distintas por columna indican diferencias significativas ($p \geq 0,05$) según Tukey

Los resultados denotan efectos significativos e indican que con la inoculación y fertilización sintética responde satisfactoriamente al crecimiento del cultivo, resultados similares encontró (Urgiles, 2016), con incrementos de altura de 65 y 68.2 cm evidenciando diferencias entre los tratamientos con inóculo de HMA en comparación a las plantas sin inoculado debido al efecto que producen la disponibilidad de los nutrientes (Borbor, 2014).

El crecimiento del maíz es lento en su etapa de desarrollo, a pesar de aplicar fertilizante, estos tienen la propiedad de absorber agua produciendo liberaciones de sales que son aprovechados por dicho cultivo, en cuanto va en aumento la fertilización se observa el aumento de altura y parte aérea de la planta (Charles, 2015).

3.3.2 Diámetro del tallo

Se aprecia en la Tabla 8 que a partir de los 25 DDE no se observaron diferencias significativas en los tratamientos, mientras que a los 30 DDE si se observaron diferencias significativas, siendo el mejor tratamiento el T₄.

Tabla 8. Significancia estadística de la variable diámetro del tallo

Tratamientos	MEDIAS							
	25 DDE	30 DDE	35 DDE	40 DDE				
T1 FC ₀ +IM ⁽⁻⁾	1.35	a	1.92	b	2.09	b	2.18	c
T2 FC ₀ +IM ⁽⁺⁾	1.50	a	2.02	b	2.31	b	2.48	b
T3 FC _{50%} +IM ⁽⁺⁾	1.40	a	2.10	ab	2.65	a	2.82	a
T4 FC _{75%} +IM ⁽⁺⁾	1.50	a	2.35	a	2.87	a	2.98	a

Medias con letras distintas por columna indican diferencias significativas ($p \geq 0,05$) según Tukey

La variable diámetro del tallo es un parámetro que ayuda a conocer el vigor de la planta. A los 25 días de edad del cultivo no presentaron diferencias significativas debido a la baja capacidad de colonizar y proliferarse las micorrizas, estos resultados difieren con los de Arce y Carrera (2017), quienes demostraron que a partir de los 25 días después del inoculado mostraron diferencias significativas en el crecimiento de diámetro de tallo en cultivos de maíz y tomate.

Un mayor diámetro del tallo implica mayor reserva de asimilados que pueden ser utilizados en el fruto en crecimiento, así como transporte de agua y nutrimentos hacia los órganos reproductivos, a su vez mejoran la capacidad de absorción de nutrientes de las plantas y aportan los nutrientes necesarios de la planta, así satisfaciendo sus demandas (Angulo, 2018) (Caicedo, 2019).

3.3.3 Biomasa seca

En la Tabla 9 se observa diferencia estadística significativa entre los tratamientos estudiados evaluados a los 60 DDE. El mejor tratamiento fue el T₄ con una media de 5.85 g, seguidos por los tratamientos T₃ con 4.73 g, y el tratamiento T₂ con 4.73 g, sin embargo se observa que el tratamiento T₁ con 4.49 g presentó menor valor.

Tabla 9. Significancia estadística de la masa seca de la planta (g)

MEDIAS			
	TRATAMIENTOS	60 DDE	
T1	FC₀+IM⁽⁻⁾	4.49	b
T2	FC₀+IM⁽⁺⁾	4.55	b
T3	FC_{50%}+IM⁽⁺⁾	4.73	ab
T4	FC_{75%}+IM⁽⁺⁾	5.85	a

Medias con letras distintas por columna indican diferencias significativas ($p \geq 0,05$) según Tukey

En la variable masa seca, los tratamientos T₃ y T₄ sobresalieron con 4.73 g y 5.85 g, comparados con el tratamiento testigo que presentó 4.49 g. La biomasa se relaciona con el porcentaje colonización micorrízica, efecto que fue positivo con los resultados

de Martínez (2014), que aplicaron inoculación en el cultivo de maíz y presentaron efectos mayores en los valores de masa seca.

Los resultados de las variables morfométricas están dados por la predominancia que ejercen los nutrientes como son los casos de nitrógeno y fósforo, elementos que favorecen los procesos fisiológicos de las plantas (Rodríguez *et al.*, 2016).

El estímulo de la biomasa seca, altura de las plantas, diámetro del tallo observados en este trabajo tienen relación con resultados obtenidos en estudios previos donde la inoculación de HMA estimuló la producción de biomasa seca de plantas de maíz a los 60 DDE con incremento del 30% comparados con tratamientos no inoculados (Pinos *et al.*, 2019), altura y diámetro de *A. vigna* Khateeb *et al.* (2011).

El incremento de la producción de biomasa seca en plantas de maíz inoculadas con HMA podría estar relacionado con el incremento del contenido de proteínas y carbohidratos totales, lo cual podría ser explicado por un estímulo en la actividad de la P-H⁺-ATPasas en el sistema radicular que permitiría un mayor flujo de nutrientes azucarados y agua (Lima, 2008).

La inoculación de maíz con HMA incrementa significativamente los contenidos de nutrientes en tejido foliar como el fósforo, potasio, calcio y magnesio en porcentajes de (Pinos *et al.*, 2019). Estudios reportados por Anzanello *et al.*, (2011) reportan incrementos del 16% de contenido de nitrógeno en relación a plantas no inoculadas. Esto se explicaría por la capacidad que tienen los HMA de incrementar con sus hifas el área de exploración en el suelo permitiendo una mayor absorción de nutrientes en porcentajes de 80, 25, 10, 25 e 60% respectivamente (Nunes *et al.*, 2009) sobre todo en aquellos nutrientes menos disponibles.

3.4 Efectos en los parámetros productivos del cultivo del maíz

3.4.1 Longitud de la mazorca

Se puede observar que el T₄ donde se aplicó fertilización al 75% con inoculación micorrízica fue el mejor tratamiento que el resto, obteniendo un valor de 23.75 cm, por último, el T₁ y T₂ que no mostraron diferencias significativas entre ellos siendo inferiores a los tratamientos T₃ y T₄ como se muestra en la Tabla 10.

Tabla 10. Significancia estadística de la longitud de la mazorca (cm)

MEDIAS			
	TRATAMIENTOS	93 DDE	
T1	FC₀+IM⁽⁻⁾	16.50	b
T2	FC₀+IM⁽⁺⁾	18.02	b
T3	FC_{50%}+IM⁽⁺⁾	22.56	a
T4	FC_{75%}+IM⁽⁺⁾	23.75	a

Medias con letras distintas por columna indican diferencias significativas ($p \geq 0,05$) según Tukey

Estos resultados superan los reportados por Arroyo y Cabrales (2019), que evaluó dosis de fertilizantes al 66% y obtuvo mazorcas con longitudes promedios entre 18.30 cm y 20.27 cm obteniendo una mínima expresión.

Este parámetro se ve influenciado con la aplicación de dosis de nitrógeno y fósforo, de manera que disminuye las poblaciones de micorrizas considerables, una pequeña deficiencia de fósforo implica que haya retrasos en el crecimiento de la planta, por lo tanto en plantas sin inoculación micorrízica es de mayor expresión cuando se aplica dosis de fósforo (Arroyo, 2019).

El parámetro longitud de la mazorca es un componente esencial en el rendimiento del cultivo, debido a que mayor longitud de mazorca mayor es la influencia directa de granos (Domínguez, 2018).

Aplicar inoculación micorrízica a cultivos se hace más eficiente la fertilización, haciendo que se reduzcan las dosis de fertilizante disminuyendo los efectos de contaminación del suelo y agua, de tal manera que se obtengan cosechas satisfactorias, es por eso que la efectividad de inoculación de hongos son una alternativa que ayuda a mejorar la productividad de los cultivos (Martín y Rivera, 2015).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- La inoculación micorrízica en conjunto a la fertilización en el cultivo de maíz influyó positivamente, permitiendo obtener un mayor crecimiento y desarrollo de la planta en cuanto a las variables morfométricas y productivas del maíz (altura de la planta, diámetro del tallo, biomasa seca y longitud de la mazorca). Las variables fueron influenciadas parcialmente por los niveles de fertilización aplicados.
- Bajo las condiciones evaluadas el tratamiento que estimuló la productividad del maíz fue el T4 (fertilización al 75 % más inoculación micorrízica) lo que conlleva a reducir cantidad de fertilizante para incrementar la producción.
- Se identificaron 10 géneros de hongos micorrízicos nativos, los más diversos son las especies de género *Glomus multicaule*, *Gigaspora gigantea*. y *Scutellospora crenulata*.

Recomendaciones

- Evaluar otros parámetros productivos que ayuden a una mayor comprensión de productividad y rentabilidad del cultivo.
- Realizar estos experimentos en otras zonas de la provincia y en otros cultivos, con el objetivo de conocer la adaptabilidad a diferentes condiciones ambientales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aagau M., Catarina. (2015). Riqueza e diversidade de fungos micorrízicos arbusculares em agrossistemas com milho, no Nordeste do Brasil.

AccuWeather. (2020). 'Datos demográficos e informes de intereses de Google Analytic', Rio Verde, Santa Elena.

Acosta, R. (2009). Reseña El Cultivo del maíz, su origen y clasificación. p. 9.

Angelini, G. A. R., Loss, A., Pereira, M. G., Torres, J. L. R., y Júnior, O. J. S. (2012). Colonização micorrízica, densidade de esporos e diversidade de fungos micorrízicos arbusculares em solo de Cerrado sob plantio direto e convencional. *Semina: Ciências Agrárias*, 33(1), 115-130.

Angulo-Castro, A., Ferrera-Cerrato, R., Alarcón, A., Almaraz-Suárez, J. J., Delgadillo-Martínez, J., Jiménez-Fernández, M., y García-Barradas, O. (2018). Crecimiento y eficiencia fotoquímica del fotosistema ii en plántulas de 2 variedades de *Capsicum annum* L. inoculadas con rizobacterias u hongos micorrízicos arbusculares. *Revista Argentina de Microbiología*, 50(2), 178-188.

Anzanello, R.; Vitor, P.; De Souza, D.; Casamali, B. (2011). Fungos micorrízicos arbusculares (FMA) em porta-enxertos micropropagados de videira. v. 70, n. 2, p. 409–415.

Alvarez Alonso, O. (2014). Evaluación de la biomasa del Bambú (*Bambusa vulgaris* schrader Ex Wendland) como una alternativa para la recuperación de suelos degradados (Doctoral dissertation, Universidad Central" Marta Abreu" de Las Villas).

Arce, S. J., y Carrera, X. E. (2017). Evaluación de cuatro dosis de potasio e inoculación de micorrizas seleccionadas en producción de papaya (*Carica papaya* L.).

Arroyo, J., Estrella, G. F., y Cabrales, E. (2019). Efecto de la micorrización y la fertilización fosfórica en el rendimiento del maíz (*Zea mays*) en suelos arenosos de montería. *Suelos Ecuatoriales*, 49(1 y 2), 9-18.

Bernal, G. (2010). Las buenas prácticas agrícolas (BPA) desde la perspectiva de la microbiología de suelos. In *XII Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo. Santo Domingo*.

Blaszkowski, J. (2003). Arbuscular mycorrhizal fungi Glomeromycota, Endogane and Complexipes species deposited in the Department of Plant Pathology, University of Agriculture in Szczecin, Poland. *ZOR*. Available at: <http://www.zor.zut.edu.pl/Glomeromycota/index.html>.

Borbor Domínguez Verónica Del Rocío. (2014). "Producción de maíz a partir de semillas inoculadas con *Rhizobium* sp. en Barcelona, Cantón Santa Elena" 16p.

Universidad Estatal Península de Santa Elena UPSE. Available at: <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/2240/1/UPSE-TIA-2015-023.pdf>.

Bonfim, J.A.; Vasconcellos, R.L.F.; Stürmer, S.L.; Cardoso, E.J.B.N. (2013). Arbuscular mycorrhizal fungi in the Brazilian Atlantic forest: A gradient of environmental restoration. *Applied Soil Ecology*, v. 71, p. 7-14.

Caicedo-Camposano, O., Cadena-Piedrahita, D., Galarza-Centeno, E., y Solorzano-Galarza, D. (2019). Permisibilidad del maíz (*Zea mays* L.) sometido a diferentes condiciones de inundación: Determinación del tiempo de drenaje en Babahoyo, Ecuador. *Revista Científica Y Tecnológica UPSE*, 6(2 Dicbre.), 67-75. <https://doi.org/10.26423/rctu.v6i2.472>.

Cardoso, I.M.; Boddington, C.; Janssen, B.H.; Oenema, O.; Kuyper, T.W. (2003). Distribution of mycorrhizal fungal spores in soils under agroforestry and monocultural coffee systems in Brazil. *Agroforestry Systems*, v. 58, p. 33-43.

Carreón Abud, Y. *et al.* (2014). Inoculación micorrízico arbuscular en portainjertos de plantas de aguacate cv “Hass” en viveros de Michoacán, México, *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 5(5), pp. 847–857.

Chabla Cedeño, M. J. (2018). Análisis de la tasa de variación en la producción agrícola del maíz y sus factores subyacentes en la República del Ecuador, período 2002-2016 (Bachelor's thesis, Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Económicas).

Charles, N. J., y Martín Alonso, N. J. (2015). Uso y manejo de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) y humus de lombriz en tomate (*Solanum lycopersicum* L.), bajo sistema protegido. *Cultivos Tropicales*, 36(1), 55-64.

Chicaiza Párraga, G. M. (2014). *Propuesta de asociatividad para el gremio agroproductivo maicero en la comuna Las Balsas, cantón Santa Elena, año 2013* (Bachelor's thesis, La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2013

Cofré, MN, Soteras, F., del Rosario Iglesias, M., Velázquez, S., Abarca, C., Risio, L., y Lugo, M. (2019). Biodiversidad de hongos micorrízicos arbusculares en América del Sur: una revisión. En *hongos micorrízicos en América del Sur* (págs. 49-72). Springer, Cham.

Dominguez Cruz, H. G. (2018). Efectos de tres fuentes de fósforo en el desarrollo de micorrizas y el incremento de la fertilidad en cinco ecosistemas terrestres de Tingo María.

Eglenis, H. (2011). ‘Cultivo de Maíz: morfología de la planta de maíz’, 4 February. Available at: <http://elmaizdelzulia.blogspot.com/2011/02/morfologia-de-la-planta-de-maiz.html> (Accessed: 2 April 2021).

El-Khateeb, M. A.; El-Leithy, A. S.; Aljemaa, B. A. (2011). Effect of Mycorrhizal Fungi Inoculation and Humic Acid on Vegetative Growth and Chemical Composition of *Acacia saligna* Labill. Seedlings under Different Irrigation Intervals. *Journal of Horticultural Science & Ornamental Plants*, v. 3, n. 3, p. 283–289.

Espinosa, C. E. B., y De León Lima, D. A. P. (2019). Características de los suelos del Centro de Producción y Prácticas Río Verde, Santa Elena, Ecuador. *Journal of Science and Research: Revista Ciencia e Investigación*, 4(3), 18-26.

Ferreira DF. (2014). Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. *Ciencia e Agrotecnologia* 38(2): 109-112. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542014000200001>

Fertibox, Á. G. J.-T. L. (2019). *El fósforo y su importancia en el crecimiento vegetal, fertibox*. Available at: <https://www.fertibox.net/single-post/fosforo-agricultura> (Accessed: 31 March 2021).

Franco Navarro. (2018). *Micorrizas*. Available at: <https://w3.ual.es/GruposInv/myco-ual/micorr.htm> (Accessed: 6 July 2021).

Gerdemann J. W. y Nicolson T. H. (1963). Spores of mycorrhizal endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Transaction of the British Mycological Society*. 46: 235-244.

Guachanamá-Sánchez, J., Granda-Mora, I., Robles-Carrión, Á., Encalada-Córdova, M., Loján-Armijos, P., Avila-Salem, M., y Urgiles_Gómez, N. (2020). Caracterización morfológica de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) asociados al café en sistemas agroforestales de la provincia de Loja, Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 10(2), 137-145.

Honrubia, M. (2009). ‘*Las micorrizas: una relación planta-hongo que dura más de 400 millones de años*’, *Anales del Jardín Botánico de Madrid*, 66(S1), pp. 133–144. doi: 10.3989/ajbm.2226.

INIAP (2011). Manejo integrado del cultivo de maíz de altura. Módulos de Capacitación para Capacitadores. Módulo 4. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias INIAP. Quito - Ecuador. 56 pag.

Jenkis, W. R. (1964). ‘A rapid centrifugal flotation technique for separating nematodes from soil’. *Plant Disease Reporter*, 48(9), 662-665.

Koske, R. E. y Tessier, B. A. (1983). Convenient, Permanent Slide Mounting Medium. *Mycol. Soc. Am. Newsl.* 34, 59. Available at: http://ccb.ucr.edu/soillabfiles/labprotocol/slide_mounting.doc.

Kugler, M. (1986). Micorrizas: abono con hongos. *CIID informa*, v. 15, no. 1.

Leon Alcantara, W. D. (2017). Manejo de la fertilización de maíz (*Zea mays* L.) en el Valle Santa Catalina.

LIMA, L. W. (2008). Metabolismo do Nitrogênio e Atividade de Bombas de Prótons em Raízes Transgênicas com Ácido Húmico e Simbiose Micorrízica Arbuscular. Tese submetida como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Ciências, no Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Ciência do Solo. p. 153.

Lovelock, C.E.; AnderseN, K.; Morton, J.B. (2003). Arbuscular mycorrhizal communi-ties in tropical forests are affected by host tree species and environment. *Oecologia*, v. 135, p. 268–279.

Lumini, E.; Orgiazzi, A.; Borriello, R.; Bonfante, P.; Bianciotto, V. (2010). Disclosing arbuscular mycorrhizal fungal biodiversity in soil through a land-use gradient using a pyrosequencing approach. *Environmental Microbiology*, v. 12, p. 2165–2179.

Martín, G. M. (2015). ‘*En los abonos verdes. Efecto sobre el cultivo principal. Estudio de caso: el maíz*’, 36, p. 18.

Martínez-Rivera, K., Heredia, G., Rosique-Gil, E., y Cappello, S. (2014). Hongos anamorfos asociados a restos vegetales del Parque Estatal " Agua Blanca", Macuspana, Tabasco, México. *Acta botánica mexicana*, (107), 99-119.

MEDEIROS, P. S. y L. V. FERREIRA. (2018). Densidade de esporos de fungos micorrízicos arbusculares em uma cronossequência de florestas secundárias na Amazônia Oriental. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais* 13(2): 247-259.

Medina, Laura R, Rodríguez, Yakelín, Torres y Herrera, R. (2010). Aislamiento e identificación de hongos micorrízicos arbusculares nativos de la zona de la caoba. S, Holguín. *Cultivos Tropicales*, 31(3), 00. Recuperado en 22 de diciembre de 2021, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S025859362010000300014&lng=es&tlng=es.

Moderna, A. (2018) ‘Requerimientos nutricionales en el cultivo de maíz blanco amiláceo – Agricultura Moderna’. Available at: <http://agromoderna.com/requerimientos-nutricionales-cultivo-maiz-blanco-amilaceo/> (Accessed: 3 April 2021).

Moína-Quimí, E., Oviedo-Anchundia, R., Nieto-Barcelona, S., Herrera-Samaniego, P., & Barcos-Arias, M. (2018). Evaluación de los hongos micorrízicos arbusculares de zonas del trópico húmedo del Ecuador. *Revista en línea http://www. Revista biometría.com*, 3(1), 532-537.

Motato, N. (2016). Fertilización del híbrido experimental de maíz Iniap H-603, con base en la eficiencia agronómica del nitrógeno. Manabí. Available at:

<https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/4871/1/INIAPEEPR2016n2v7p109.pdf> (Accessed: 8 January 2022).

Mujica-Pérez, Y. (2020). 'Nuevos desafíos en la producción de inoculantes a partir de hongos micorrízicos arbusculares en Cuba', *Cultivos Tropicales*, 41(1), p. 09. doi: 10.1234/ct.v41i1.1543.

NUNES, DA S. J.; DE SOUZA, D. P.; MARODIN, B. G.; FACHINELLO, J. (2009). Eficiência de fungos micorrízicos arbusculares sobre o crescimento do porta-enxerto de pessegueiro «aldrighi». *Bragantia*, v. 68, n. 4, p. 931–940.

Pérez A. C. (2012). 'Micorrizas arbusculares asociadas al pasto angleton (*Dichanthium aristatum* Benth) en fincas ganaderas del municipio de Tolú', Sucre-Colombia.

Pérez - Moreno, J., y Negreros-Castillo, P. (2011). 'Los hongos micorrízicos arbusculares y su implicación en la producción y manejo de especies neotropicales forestales, con énfasis en meliáceas. *Interciencia*, 36(8), 564-569.

Pliego, E. (2011). *El maíz: su origen, historia y expansión*, *PanoramaCultural.com.co*. Available at: <https://panoramacultural.com.co/gastronomia/3676/el-maiz-su-origen-historia-y-expansion> (Accessed: 2 April 2021).

Prieto-Benavides, O. O., Belezaca-Pinargote, C. E., Mora-Silva, W. F., Garcés-Fiallos, F. R., Sabando-Ávila, F. A., y Cedeño-Loja, P. E. (2012). Identificación de hongos micorrízicos arbusculares en Sistemas Agroforestales con cacao en el Trópico Húmedo Ecuatoriano. *agronomía mesoamericana*, 23(2), 233-239.

Raya M., Apérez Barrios., Aguirre Paleo, Vargas Sandoval, Margarita, Paz Da Silva, Raquel, y Lara-Chávez, María Blanca Nieves. (2019). Identificación de hongos micorrizógenos arbusculares en huertos de aguacate de Uruapan, Michoacán. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10(spe23), 267-276. Epub 20 de noviembre de 2020. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i23.2026>

Redecker D , Raab P , Oehl F , Camacho FJ , Courtecuisse R. (2017). Un nuevo clado de especies formadoras de esporocarpio de hongos glomeromicóticos en el linaje *Diversisporales* . *Progreso micológico* 6 : 35 - 44 .

Rivera Maridueña, J. (2015). *Propuesta de un plan de zonificación para el mejoramiento económico y ambiental de la zona de la cuenca baja del río Javita sectores Cereza de Bellavista San Marcos y sus recintos* (Master's thesis, Universidad de Guayaquil: Facultad de Arquitectura y Urbanismo).

Ruiz, P. O., Rojas, K. C., y Sieverding, E. (2011). La distribución geográfica de los hongos de micorriza arbuscular: una prioridad de investigación en la Amazonía peruana. *Espacio y Desarrollo*, (23), 47-63.

Salmeron., S, A. y Chavez A. (2015). Cronología de la taxonomía y cladística de los glomeromicetos. *Rev. fitotec. mex* [online], vol.38, n.2, pp.153-163. ISSN 0187-7380.

Sancllemente Reyes, O. E. *et al.* (2018). 'Prácticas agroecológicas, micorrización y productividad del intercultivo maíz - soya (*Zea mays* L. - *Glycine max* L.)', *Idesia (Arica)*, 36(2), pp. 217–224. doi: 10.4067/S0718-34292018005000301.

Serrano-Martínez, E., Castro, V., Quispe, M., Casas, G., y León, J. (2014). Aislamiento de bacterias y hongos en tejidos de paiche (*Arapaima gigas*) criados en cautiverio. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 25(1), 117-122.

Soto, J., Julio, A., Crespo A, L., Borbor T, G., y Borbor D., V. (2016). Efecto de la inoculación de bacterias nativas en dos híbridos de maíz (*zea mays* l.), provincia de Santa Elena. *Revista Científica Y Tecnológica UPSE*, 3(2), 50-60. <https://doi.org/10.26423/rctu.v3i2.154>.

Tapia-Goné, J. J. *et al.* (2010). 'Infectividad y efectividad de hongos micorrízicos arbusculares nativos de suelos salinos en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*)', *Revista mexicana de micología*, 31, pp. 69–74.

Urgiles, Schubler, y Kruger. (2016). Phylogenetically diverse AM fungi from Ecuador strongly improve seedling growth of native potential crop trees. *Mycorrhiza*, 26(3), 199-207.

Walker, C. Schüßler A. (2014). Aclaraciones de nomenclatura y nuevos taxones en Glomeromycota . *Investigación Micológica* 108: 979 – 982.

ANEXOS



Imagen 1A. Recolección de muestra del suelo en el área experimental - Río Verde.



Imagen 2A. Semillas de maíz híbrido Trueno.



Imagen 3A. Inoculante micorrízico.



Imagen 4A. Instalación del experimento.



Imagen 5A. Control del cultivo con Insecticida biológico *Metarhizium anisopliae*.



Imagen 6A. Aplicación de Fertilizante Yara mila complex.



Imagen 7A. Evaluaciones morfométricas del cultivo.



Imagen 8A. Secado de muestras en la estufa.



Imagen 9A. Evaluación de la masa seca del cultivo.



Imagen 10A. Monitoreo del cultivo del maíz.



Imagen 11A. Medición de la longitud de la mazorca.



Imagen 12A. Cosecha del maíz.