



**UNL**

Universidad  
Nacional  
de Loja

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**

## **FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS**

### **NATURALES RENOVABLES**

#### **CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**Efecto de dosis de nitrógeno y micorrizas en el rendimiento y composición del grano de maíz blanco variedad INIAP-103 en condiciones del sector La Argelia de la ciudad de Loja.**

Trabajo de titulación previo a la obtención  
del título de Ingeniera Agrónoma

#### **AUTORA:**

Erika Lizbeth Macas Camacho

#### **DIRECTORA:**

PhD. Mirian Irene Capa Morocho

Loja – Ecuador

2022



**UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE LOJA**

**FACULTAD AGROPECUARIA Y DE  
RECURSOS NATURALES RENOVABLES  
CARRERA DE INGENIERÍA  
AGRONÓMICA**



## **CERTIFICACIÓN**

PhD. Mirian Irene Capa Morocho

DIRECTORA DE TESIS

### **CERTIFICO**

Que he recibido la tesis realizada por la señorita egresada de la carrera de Ingeniería Agronómica, estudiante **Erika Lizbeth Macas Camacho**, autora de la tesis titulada; “**Efecto de dosis de nitrógeno y micorrizas en el rendimiento y composición del grano de maíz blanco variedad INIAP-103 en condiciones del sector La Argelia de la ciudad de Loja**” previa a la obtención del título de Ingeniera Agrónoma, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación para la respectiva sustentación y defensa.

Loja, 25 de abril de 2022



Firmado electrónicamente por:  
**MIRIAN IRENE  
CAPA MOROCHO**

PhD. Mirian Irene Capa Morocho

**DIRECTORA DE TRABAJO DE TITULACION**

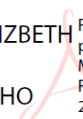
## AUTORIA

Yo, Erika Lizbeth Macas Camacho declaro ser la autora del presente trabajo y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales por el contenido de la misma.

Declaro, que durante la investigación y elaboración de la tesis el uso de referencias publicadas por otros autores cumplió con las normas y regulaciones establecidas.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el Repositorio Institucional-Biblioteca Virtual.

**Firma:** ERIKA LIZBETH  
MACAS  
CAMACHO



Firmado digitalmente  
por ERIKA LIZBETH  
MACAS CAMACHO  
Fecha: 2022.06.06  
23:27:45 -05'00'

**Autor:** Erika Lizbeth Macas Camacho

**Cédula:** 1105877755

**Fecha:** 06-06-2022

## **CARTA DE AUTORIZACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN POR PARTE DE LA AUTORA PARA LA CONSULTA DE PRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DE TEXTO COMPLETO**

Yo Erika Lizbeth Macas Camacho declaro ser autora del trabajo de titulación titulado “**Efecto de dosis de nitrógeno y micorrizas en el rendimiento y composición del grano de maíz blanco variedad INIAP-103 en condiciones del sector La Argelia de la ciudad de Loja**” como requisito para optar el título de Ingeniera Agrónoma autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del trabajo de titulación que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los seis días del mes de junio dos mil veinte y dos.

**Firma:** ERIKA LIZBETH MACAS CAMACHO  
Firmado digitalmente por ERIKA LIZBETH MACAS CAMACHO  
Fecha: 2022.06.06 23:27:45 -05'00'

**Autor:** Erika Lizbeth Macas Camacho

**Número de cédula:** 1105877755

**Dirección:** Vía antigua a Quinara, parroquia Vilcabamba, Loja, Ecuador

**Correo electrónico:** lizbetherika1234@gmail.com

**Celular:** 0994478519

### **DATOS COMPLEMENTARIOS**

**Director de tesis:** PhD. Mirian Irene Capa Morocho

**Tribunal de grado:** PhD. Tulio Fernando Solano Castillo

Mg.Sc. Paulina Vanesa Fernández Guarnizo

Mg.Sc. PhD Marlene Molina Müller

**Presidente**

**Vocal**

**Vocal**

## **DEDICATORIA**

Con mucho cariño:

A mi mami Nancy Camacho y a mi papá José Macas por todos sus esfuerzos, el apoyo incondicional, por estar siempre conmigo motivándome, alentándome a seguir en mi formación tanto personal como académica, muchas gracias por todo. A mis hermanos Fernando y Damian por todo su apoyo a lo largo de esta etapa de mi vida para culminar con éxito mis estudios hasta verme realizada profesionalmente.

## **AGRADECIMIENTO**

Primeramente, a Dios por la vida, la salud para permitirme culminar una etapa más en mi vida

A mis padres Nancy Camacho y José Macas por brindarme su apoyo incondicional durante esta etapa estudiantil.

A la Ing. Mirian Irene Capa Morocho, PhD, al Ing. Vinicio Ruilova y a la Ing. Beatriz Guerrero por su asesoramiento, su tiempo y apoyo durante el desarrollo de mi proyecto de tesis.

Finalmente expresar mi agradecimiento a la Universidad Nacional de Loja, especialmente a la carrera de Ingeniería Agronómica por abrirme sus puertas y a cada uno de los docentes que supieron compartir su tiempo, conocimientos, experiencias, además, agradecer la motivación de cada uno ellos en el aula de clase, los mismos que permitieron formarme profesionalmente.

***Erika Lizbeth Macas Camacho***

## INDICE DE CONTENIDOS

PORTADA.....	i
CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS.....	ii
AUTORÍA.....	iii
CARTA DE AUTORIZACIÓN.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
INDICE DE CONTENIDOS.....	vii
INDICE DE FIGURAS.....	x
INDICE DE TABLAS.....	xi
INDICE DE ANEXOS.....	xii
1. TÍTULO.....	1
2. RESUMEN.....	2
2.1 ABSTRACT.....	3
3. INTRODUCCION.....	4
4. Objetivos.....	5
i. General.....	5
ii. Específicos.....	5
5. MARCO TEÓRICO.....	6
a. Maíz ( <i>Zea mays</i> L.).....	6
i. Origen.....	6
ii. Importancia.....	6
iii. Clasificación taxonómica.....	6
iv. Morfología del maíz.....	7
v. Fenología del cultivo.....	8
vi. Variedad INIAP-103 Mishqui Sara.....	10
vii. Requerimientos edafoclimáticos y manejo.....	11
b. Nutrición.....	12

i.	Nitrógeno.....	12
ii.	Fertilización nitrogenada.....	12
iii.	Función del N en las plantas .....	13
iv.	Absorción del nitrógeno .....	13
c.	Micorrizas.....	14
i.	¿Qué son y cómo actúan las micorrizas?.....	14
ii.	Tipos de micorrizas .....	14
iii.	Función de las micorrizas en la planta .....	14
iv.	Micorriza <i>Rhizophagus irregularis</i> .....	15
v.	Clasificación taxonómica del género <i>Rhizophagus</i> .....	16
6.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
a.	Localización del experimento .....	17
b.	Diseño experimental.....	17
c.	Modelo matemático.....	18
d.	Esquema de campo.....	19
e.	Metodología general.....	19
f.	Metodología para el primer objetivo:.....	20
g.	Metodología para el segundo objetivo: .....	22
h.	Análisis de los datos .....	23
7.	RESULTADOS .....	24
a.	Crecimiento y rendimiento.....	24
i.	Altura de la planta .....	24
ii.	Diámetro del tallo.....	25
iii.	Número de hojas.....	25
iv.	Tasa de crecimiento absoluta (TCA).....	26
v.	Tasa de crecimiento relativa (TCR) .....	27
vi.	Biomasa en peso fresco (kg ha <sup>-1</sup> ) .....	27
vii.	Biomasa en peso seco (kg ha <sup>-1</sup> ).....	28
viii.	Área foliar .....	28
ix.	Índice de área foliar (IAF).....	29
x.	Número de mazorcas .....	29



xi.	Peso de la mazorca .....	30
xii.	Número de granos por mazorca.....	32
xiii.	Peso de mil granos.....	32
xiv.	Rendimiento .....	33
8.	Porcentaje de nitrógeno y proteína del grano .....	34
	xv. Porcentaje de nitrógeno.....	34
	xvi. Proteína del grano.....	35
9.	DISCUSIÓN.....	37
10.	CONCLUSIONES .....	41
11.	RECOMENDACIONES.....	42
12.	BIBLIOGRAFÍA .....	44
13.	ANEXOS .....	52

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Etapas vegetativas y reproductivas del maíz. ....	10
<b>Tabla 2.</b> Rangos de dosis de fertilizantes en maíz. ....	13
<b>Tabla 3.</b> Análisis de suelo de la finca experimental docente La Argelia .....	18
<b>Tabla 4.</b> Tratamientos del experimento.....	18
<b>Tabla 5.</b> Tasa de crecimiento absoluto de maíz blanco INIAP 103 “Mishqui Sara”.....	26
<b>Tabla 6.</b> Tasa de crecimiento relativo de maíz blanco INIAP 103 “Mishqui Sara”. ....	27
<b>Tabla 7.</b> Número de mazorcas por parcela.....	55

## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> Fases fenológicas del maíz.....	10
<b>Figura 2.</b> Ubicación del ensayo.....	17
<b>Figura 3.</b> Esquema de campo del experimento.....	19
<b>Figura 4.</b> Dinámica de crecimiento del maíz blanco variedad INIAP 103 “Mishqui Sara” .....	24
<b>Figura 5.</b> Curva de crecimiento del diámetro del tallo de maíz blanco variedad INIAP 103 “Mishqui Sara” .....	25
<b>Figura 6.</b> Número de hojas.....	25
<b>Figura 7.</b> Número de hojas del maíz blanco variedad INIAP 103 “Mishqui Sara” .....	26
<b>Figura 8.</b> Biomasa en peso fresco del cultivo de maíz blanco variedad INIAP 103 “Mishqui Sara” .....	27
<b>Figura 9.</b> Área foliar de maíz blanco variedad INIAP 103 “Mishqui Sara” .....	29
<b>Figura 10.</b> Índice de área foliar de maíz blanco variedad INIAP 103 “Mishqui Sara” .....	29
<b>Figura 11.</b> Influencia del nitrógeno sobre el número de mazorcas por hectárea de maíz blanco variedad INIAP 103 “Mishqui Sara” .....	30
<b>Figura 12.</b> Interacción nitrógeno*micorrizas sobre el peso de la mazorca de maíz. ....	31
<b>Figura 13.</b> Efecto del nitrógeno sobre el peso de la mazorca de maíz blanco variedad INIAP 103 “Mishqui Sara” .....	31
<b>Figura 14.</b> Interacción nitrógeno*micorrizas en el número de granos por mazorca del maíz blanco variedad INIAP 103 “Mishqui Sara” .....	32
<b>Figura 15.</b> Interacción nitrógeno*micorrizas en el peso de mil granos del maíz blanco variedad INIAP 103 “Mishqui Sara” .....	33
<b>Figura 16.</b> Rendimiento del maíz blanco variedad INIAP 103 “Mishqui Sara”.....	34
<b>Figura 17.</b> Porcentaje de nitrógeno en el grano del maíz blanco variedad INIAP 103 “Mishqui Sara” .....	35
<b>Figura 18.</b> Porcentaje de proteína cruda en los granos de maíz blanco variedad INIAP 103 “Mishqui Sara” .....	36

## Índice de anexos

<b>Anexo 1.</b>	Análisis de suelo donde se desarrolló el experimento.....	52
<b>Anexo 2.</b>	Fotografías.....	54
<b>Anexo 3.</b>	Número de mazorcas por parcela.....	55
<b>Anexo 4.</b>	Certificado del tribunal de grado.....	57
<b>Anexo 5.</b>	Certificado de traducción del Abstract.....	58

**Efecto de dosis de nitrógeno y micorrizas en el rendimiento y composición del grano de maíz blanco variedad INIAP-103 en condiciones del sector La Argelia de la ciudad de Loja**

## 2. RESUMEN

El cultivo de maíz (*Zea mays* L.) es uno de los cereales más relevantes pues constituye uno de los cinco cultivos más consumidos a nivel mundial, debido a sus distintos usos, como la alimentación humana, animal, y fermentado para varios productos industriales. En Ecuador este grano constituye el elemento principal de la dieta diaria de las personas especialmente de la región Sierra, sin embargo, en el país el cultivo de maíz blanco presenta bajos rendimientos. Por lo general, en gran parte de la zona Andina del país, el maíz es sembrado en monocultivos, practica que termina agotando los nutrientes del suelo, ocasionando un descenso en el rendimiento en cada nuevo ciclo de cultivo. Además, cuando no se conoce con exactitud la dosis de fertilizantes que requiere el cultivo, se tiende a aplicar grandes cantidades de abono en especial de nitrógeno, pero no todo es aprovechado por las plantas y en su mayoría se pierde ya sea por volatilización en forma de amonio, desnitrificación y/o lixiviación en forma de nitratos. Una alternativa para contribuir a elevar el rendimiento y la composición del grano de maíz, consiste en utilizar alternativas amigables con el ambiente, como es el uso de micorrizas, es por ello que, en la presente investigación, se evaluaron distintas dosis de nitrógeno (100-50-0 %) y micorrizas (0-100-200 %) sobre la variedad de maíz blanco INIAP – 103 “*Misqui Sara*” (Maíz nutritivo), bajo un manejo agronómico propio de la región Sierra. Para ello se estableció el cultivo de maíz blanco en el sector La Argelia ciudad de Loja, al sur del Ecuador, con una duración de 8 meses, sembrado a una densidad de 62500 plantas ha<sup>-1</sup> (1 semilla por golpe cada 0,2 m y 0,8 m entre surco), bajo un diseño completamente al azar (DCA), con 9 tratamientos. Se evaluó altura de la planta, diámetro del tallo, número de hojas, tasa de crecimiento absoluto (TAC), tasa de crecimiento relativo (TCR), área foliar, índice de área foliar (IAF), biomasa en estado fresco y seco, rendimiento, porcentaje de nitrógeno y proteína cruda en el grano en cada tratamiento. Dentro de los resultados, el tratamiento 2 (100 % N y 100 % micorrizas) destaca en variables como altura con 243,4 cm, diámetro 3,30 cm, biomasa y rendimiento 8,0 t ha<sup>-1</sup>, mientras que el número total de hojas fue similar en todos los tratamientos. Además, el tratamiento 8 (0 % N y 100 % micorrizas) sobresale en variables como área foliar 0,38 m<sup>2</sup>, IAF 2,39, en cuanto al porcentaje de nitrógeno 1,56% y proteína cruda 10,27 % lo obtuvo el tratamiento 6 (50 % N y 200 % micorrizas). Los resultados de esta investigación resaltan el efecto de las distintas dosis de nitrógeno y micorrizas, ya que se puede mejorar el rendimiento en variedades de maíz blanco adaptadas a la región Sierra.

**Palabras claves:** nitrógeno, micorrizas, proteína cruda.

## 2.1 ABSTRACT

Corn (*Zea mays* L.) is one of the most important cereals because it is one of the five most consumed crops around the world, due to the different uses that it has, such as human and animal food, and fermented for some industrial products. In Ecuador, this grain is the main element of the daily diet of people, especially in the Sierra region; however, the cultivation of white corn in the country has low yields. Generally, in most of the Andean region of the country, corn is planted in monocultures, it is a practice that ends up depleting soil nutrients, causing a decreasing in yields in each new crop cycle. In addition, when the exact dose of fertilizer required by the crop is not known, there is a tendency to apply large amounts of fertilizer, especially nitrogen, but not all of it is used by the plants and most of it gets lost either by volatilization in the form of ammonium, denitrification and/or leaching in the form of nitrates. An alternative to contribute to increase the yield and composition of corn grain is to use environmentally friendly alternatives, such as the use of mycorrhizae, so this is the reason, in this research, different doses of nitrogen (100-50-0 %) and mycorrhizae (0-100-200 %) were evaluated on the white corn variety INIAP - 103 "Misqui Sara" (Nutritious corn), under an agronomic management typical of the Sierra region. For this purpose, a white corn crop was established in the sector of La Argelia city of Loja, in southern Ecuador, with a duration of 8 months, planted at a density of 62500 plants ha<sup>-1</sup> (1 seed per stroke every 0.2 m and 0.8 m between rows), under a completely randomized design (CRD), with 9 treatments. Plant height, stem diameter, number of leaves, absolute growth rate (AGR), relative growth rate (RGR), leaf area, leaf area index (LAI), fresh and dry biomass, yield, percentage of nitrogen and crude protein in the grain were evaluated in each treatment. Among the results, treatment 2 (100 % N and 100 % mycorrhizae) stood out in variables such as height with 243.4 cm, diameter 3.30 cm, biomass and yield 8.0 t ha<sup>-1</sup>, while the total number of leaves was similar in all treatments. In addition, treatment 8 (0 % N and 100 % mycorrhizae) has more relevance in variables such as leaf area 0.38 m<sup>2</sup>, IAF 2.39, as for the percentage of nitrogen 1.56% and crude protein 10.27% was obtained by treatment 6 (50 % N and 200 % mycorrhizae). The results of this research highlight the effect of different doses of nitrogen and mycorrhizae, since yield can be improved in white corn varieties adapted to the Sierra region.

**Key words:** nitrogen, mycorrhizae, crude protein.

### 3. INTRODUCCION

El cultivo de maíz (*Zea mays* L.) es uno de los más relevantes ya que se encuentra dentro de los cinco cultivos más consumidos a nivel mundial, siendo de suma importancia en Ecuador debido al rol que cumple en la seguridad alimentaria de la población. En mencionado país, en el año 2021, el rendimiento nacional fue de 0,92 t ha<sup>-1</sup> el cual es considerado bajo en referencia al rendimiento potencial de la variedad INIAP-103 que en promedio es cerca de 7,7 t ha<sup>-1</sup> (Yáñez *et al.*, 2010). Los bajos rendimientos se encuentran en las provincias de Azuay, Bolívar, Cañar, Carchi, Cotopaxi, Imbabura, Pichincha, Tungurahua y Loja, y es en estas provincias en donde el maíz se lo utiliza principalmente para satisfacer las necesidades alimenticias (INEC-ESPAC, 2018).

Generalmente el maíz se siembra en monocultivos, agotando la reserva de nutrientes del suelo, razón por la que los rendimientos del cultivo declinan con el tiempo. Además del problema mencionado, se aplican grandes cantidades de N en el cultivo de maíz, en 1 o 2 aplicaciones por ciclo, del cual la planta aprovecha solo un cierto porcentaje, ya que la mayor parte se pierde por volatilización en forma de amonio, y por desnitrificación y/o lixiviación en forma de nitratos (Gudelj *et al.*, 2015). Esto último conlleva a la contaminación de las fuentes naturales de agua y a la emisión de gases a la atmósfera.

Asimismo, la mayor inversión de los productores en la región Sierra del Ecuador es en fertilización, ya que cada vez se incrementa la cantidad de fertilizante químico como el nitrógeno en forma de urea, con el fin de mejorar el rendimiento (Martín & Rivera, 2002). Por lo tanto, la determinación de las cantidades de nitrógeno requeridas por el cultivo de maíz blanco en los sistemas andinos podría reducir los costos de inversión en la producción.

Hoy en día, además de la aplicación de fertilizantes minerales, se utiliza productos a base de microorganismos que contribuyen a mejorar los rendimientos y calidad de las cosechas (Brenda *et al.*, 2019; Galindo *et al.*, 2019; Chen *et al.*, 2020). Las micorrizas son uno de los microorganismos orientados a favorecer la adquisición de nutrientes por parte de los cultivos, principalmente de gramíneas, logrando incrementar su tasa de crecimiento en algún estadio importante para la definición del rendimiento (Ferraris & Couretot, 2007). Además, el uso de micorrizas es amigable con el medio ambiente, ya que son microorganismos que naturalmente se encuentran en la rizósfera de las plantas cultivadas. Con su aplicación en el cultivo se incrementa



su población, la cual vuelve al nivel de equilibrio inicial luego de la senescencia del cultivo (Barrer, 2009)

En la presente investigación lo que se busca es contribuir a elevar el rendimiento y la composición del grano de maíz, mediante alternativas amigables con el ambiente como es el uso de micorrizas. ya que estas mejoran el desarrollo de las raíces, lo que conlleva a una eficiencia de absorción de nutrientes y tal vez a una aplicación de nitrógeno al suelo. Procurando la economía de los pequeños productores y garantizando la seguridad alimentaria.

#### **4. Objetivos**

##### *i. General*

- Evaluar el efecto de dosis de nitrógeno y micorrizas en el crecimiento, rendimiento y composición del grano de maíz blanco variedad INIAP-103 en condiciones del sector La Argelia de la ciudad de Loja.

##### *ii. Específicos*

- Evaluar la influencia de la dosis de nitrógeno y micorrizas sobre el crecimiento y rendimiento de maíz blanco variedad INIAP-103.
- Determinar el efecto de la dosis de nitrógeno y micorrizas en la composición del grano de maíz blanco variedad INIAP-103.

## 5. MARCO TEÓRICO

### a. Maíz (*Zea mays* L.)

#### i. Origen

Se ha escrito mucho acerca del origen del maíz, sin embargo, todavía hay discrepancias respecto a los detalles de su origen. Se considera que el maíz fue una de las primeras plantas cultivadas por los agricultores hace entre 7 000 y 10 000 años. La evidencia más antigua del maíz como alimento humano procede de algunos lugares arqueológicos en México, en los cuales se encontraron en cuevas de los habitantes primitivos algunas pequeñas mazorcas de maíz estimadas en más de 5 000 años de antigüedad (Paliwal, 2010).

#### ii. Importancia

Hoy día el maíz es el segundo cultivo del mundo por su producción, después del trigo, mientras que el arroz ocupa el tercer lugar. Es el primer cereal en rendimiento de grano por hectárea y es el segundo, después del trigo, en producción total. El maíz es de gran importancia económica a nivel mundial ya sea como alimento humano, como alimento para el ganado o como fuente de un gran número de productos industriales. La diversidad de los ambientes bajo los cuales es cultivado el maíz es mucho mayor que la de cualquier otro cultivo (Paliwal, 2010)

#### iii. Clasificación taxonómica

A pesar que el maíz es uno de los cultivos ampliamente estudiado en el mundo, resulta de gran importancia conocer su clasificación taxonómica (Sánchez, 2014)

**Reino:** Plantae

**División:** Magnoliophyta

**Clase:** Liliopsida

**Subclase:** Commelimidae

**Orden:** Poales

**Familia:** Poaceae

**Subfamilia:** Panicoideae

**Género:** *Zea*

**Especie:** *Zea mays* L.

#### *iv. Morfología del maíz*

La estructura de la planta está constituida por una raíz fibrosa y un tallo erecto de diversos tamaños de acuerdo al cultivo con hojas lanceoladas dispuestos y encajados en el tallo es una panoja que contiene la flor masculina, ya que la femenina se encuentra a un nivel inferior y es la que da origen a la mazorca. La planta puede alcanzar una altura de 2,50- 3 m, según el cultivo y las condiciones de explotación.

**Raíz.** El sistema radical está compuesto por una raíz primaria, que tiene origen en la radícula y muy corta duración luego de la germinación. Para posteriormente configurar un sistema de raíces adventicias que brota a nivel de la corona del tallo y que entrelazan fuertemente por debajo de la superficie terrestre.

**Tallo.** Es erecto, de estructura carnosa formado por nudos, se convierte en el eje central del sostén de la planta en donde se adhieren las hojas en posición alterna. La consistencia interior es carnosa, filamentososa y con mucha contenido de agua.

**Hojas.** Está dispuesta en posición alterna en el tallo en números de 20-30 hojas, conformadas por una vaina, el cuello y el plano foliar, de estructura flexible, fuerte nervadura central con nervaduras paralelas. La superficie es áspera y pubescente, la vaina es una estructura de forma cilíndrica abierta hasta el terminal que recubre el tallo el largo de la hoja a nivel intermedio que son de mayor longitud puede alcanzar 0,8-1,10 m

**Inflorescencia.** Es una espiga o panícula ubicada como terminaciones del tallo (ápice) conforma por 25-30 espiguillas que tienen 2 flores envueltas en dos hojas llamadas glumas a su vez protegidas por las lemmas. Recordemos que el maíz es una planta monoica con inflorescencia masculina y femenina. La flor está conformada por, 2 folículos, 3 estambres fértiles, 1 pistilo.

La flor femenina está conformada por un raquis o tusa donde van, un par de glumas externas, 2 lemas, 2 paleas, 2 flores. Los estilos forman un penacho por el ápice de la mazorca con apariencia de cabellos que se ha denominado "barba de la mazorca" de la coloración amarilla pálida antes de la fecundación y rojizo cuando es fecundada (Perez , 2011)

v. *Fenología del cultivo*

**Etapas vegetativas tempranas (de V1 a V5)**

En esta etapa, se da una elongación del tallo, esto va a depender de las condiciones de temperatura del suelo. Se inicia los brotes de la mazorca y las hojas. Un brote nace de cada axila de la hoja, los brotes que se desarrollan en los nodos por encima del suelo pueden diferenciarse en el tejido reproductivo en este caso las mazorcas, mientras que los brotes que se desarrollan por debajo del suelo pueden diferenciarse en el tejido vegetativo comúnmente conocidos como retoños.

Las raíces permanentes se desarrollan por debajo de la superficie. A las raíces que se encuentran por encima de la superficie del suelo generalmente se las denomina raíces “soporte” o “ancla”, y pueden sostener el tallo y tomar agua y nutrientes si penetran en el suelo.

**Etapas vegetativas intermedias (de V6 a V11)**

La planta de maíz comienza un período de elongación del nodo interno muy rápida. El punto de crecimiento se desplaza por encima de la superficie del suelo alrededor de la V6. Durante esta etapa de crecimiento, la elongación es mínima; los nodos de uno a cuatro están muy comprimidos. El número de hileras de los granos se establece en la etapa V7, además los brotes de la mazorca son visibles al igual que la panoja.

**Etapas vegetativas tardías (de V12 a VT)**

Dentro de estas etapas se determina el número de granos por hileras antes de la aparición de la panoja. sin embargo, el número total de granos se establece durante y después del proceso de polinización.

**Etapa de transición (de VT a R1)**

Durante este periodo se produce la transformación del desarrollo vegetativo al desarrollo reproductivo (VT a R1). La etapa VT sucede cuando la última rama de la panoja emerge y sale al exterior. La VT se superpone con la R1 cuando los estigmas visibles aparecen antes de que la panoja emerja completamente. En esta etapa la planta alcanza su máximo crecimiento, el tallo empieza a lignificarse para dar durezas al tallo (Figura 1).

### **Etapa de aparición de los estigmas (R1)**

La R1 sucede cuando los estigmas son visibles en las chalas, una vez que ocurre la polinización empieza a formarse el tubo polínico, una vez que sucede la fecundación el ovulo se convertirá en un grano. En esta etapa, los granos son blancos con un contenido claro y acuoso. Este período es importante para el desarrollo de los granos y, finalmente, para el rendimiento.

### **Etapa de “blíster” (R2)**

Los granos están cubiertos por glumas, en la R2 se presentan el endospermo y el fluido interno del grano es claro. A medida que los granos se expanden, las glumas son menos visibles, entre los 10 - 14 días después de la polinización granos alcanzan la R3. En este punto la mazorca ya alcanzó su máxima longitud. Los estigmas de granos fertilizados se secan y se vuelven de color marrón.

### **Etapa de grano lechoso (R3)**

La R3 ocurre de 18 a 22 días después de la aparición de los estigmas cuando los granos comienzan a mostrar el color final, que es amarillo o blanco en la mayoría de los híbridos dentados, o con variaciones de blanco o naranja amarillento en los híbridos indios. Los granos son de color blanco lechoso por el endospermo acumulado, y llenan totalmente el espacio entre las hileras de granos.

### **Etapa de grano pastoso (R4)**

La R4 ocurre después de la aparición de los estigmas. El contenido de humedad baja al 70 %, el líquido interior es espeso y de consistencia pastosa. Los granos obtienen su color final y alrededor de la mitad de su peso seco maduro. Las chalas se vuelven marrones en los bordes exteriores.

### **Etapa de grano dentado (R5)**

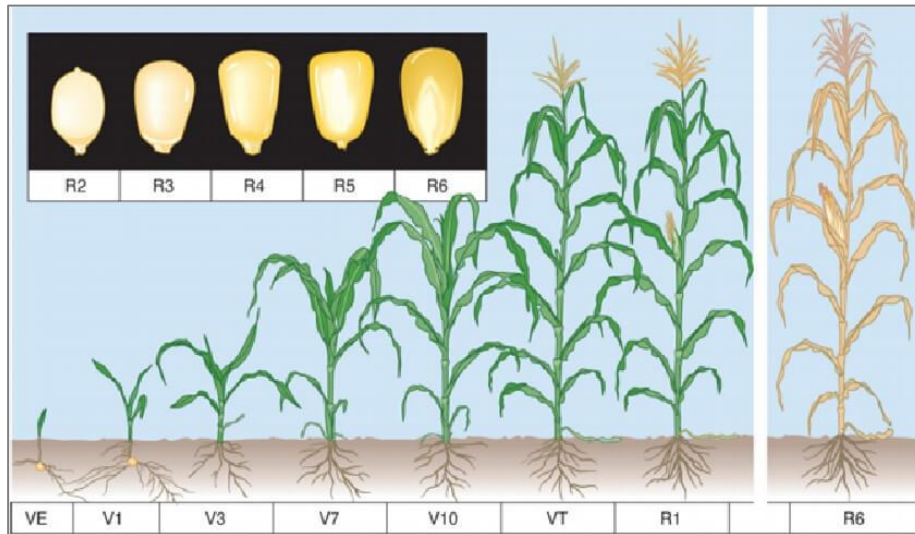
Los granos están formados por una capa de almidón duro que rodea a un núcleo suave. Cuando el núcleo más suave de almidón comienza a perder humedad y se reduce, se forma una hendidura en la parte superior del grano.

## Madurez fisiológica (R6)

La humedad desciende hasta el 35 %, los granos están maduros fisiológicamente y han alcanzado su peso seco máximo (Figura 1) ( Endicott *et al.*, 2015)

**Tabla 1.** *Etapas vegetativas y reproductivas del maíz.*

Estados vegetativos		Estados reproductivos	
<b>VE</b>	Emergencia	<b>R1</b>	Emergencia de estigmas
<b>V1</b>	Primera hoja	<b>R2</b>	Grano en ampolla
<b>V2</b>	Segunda hoja	<b>R3</b>	Grano lechoso
<b>V3</b>	Tercera hoja	<b>R4</b>	Grano pastoso
<b>V (n)</b>	“n” enésima hoja	<b>R5</b>	Grano dentado
<b>VT</b>	Panojamiento	<b>R6</b>	Madurez fisiológica



**Figura 1.** Fases fenológicas del maíz.

**Fuente.** Ritchie & Hanway (1982).

### *vi. Variedad INIAP-103 Mishqui Sara.*

Variedad de libre polinización introducida al Ecuador por el INIAP en el año 2006 como Aychazara 102 del Centro de Fitoecogenética Pairumani de Bolivia, con alta calidad de proteína (ACP). Se realizó un ciclo de selección masal en el año 2006 y dos ciclos de selección familiar por

medios hermanos, durante los años 2007 y 2008. Las familias fueron seleccionadas por el Programa de Maíz de la Estación Experimental del Austro del INIAP por caracteres agronómicos favorables como: sanidad, buena cobertura de la mazorca y rendimiento sobre las 8 t ha<sup>-1</sup>, buena adaptación a las principales zonas maiceras del Sur del Ecuador, entre los 1750 a 2650 msnm (Yáñez, 2013)

#### *vii. Requerimientos edafoclimáticos y manejo*

##### **Suelo**

El cultivo de maíz requiere de una óptima profundidad de 100 cm. En cuanto a la textura del suelo deben ser media es decir un suelo franco, no obstante, el cultivo tolera texturas gruesas franco arenosa y finas como la arcillosa. Estas plantas requieren de un pH de 5,6 a 6,5 pero si puede soportar suelos que son ácidos (Villaseca, 1987)

##### **Clima**

El maíz de altura para a germinación y desarrollo requiere de una temperatura cerca de los 15 °C, así mismo de luz solar en todo el ciclo del cultivo (Yáñez *et al.*, 2010)

##### **Radiación Solar**

Las plantas crecen porque producen su alimento a partir de la luz y otros ingredientes, en el proceso de la fotosíntesis. La eficiencia con que el maíz utiliza la radiación solar dependerá de su desarrollo foliar.

##### **Temperatura**

El maíz es un cultivo que precisa temperaturas relativamente altas para un máximo desarrollo. Por debajo de los 8 grados centígrados el crecimiento es nulo en la mayoría de los cultivares utilizados en nuestro país. Con temperaturas superiores, el desarrollo de hojas es más veloz, siendo beneficioso ya que en éstas se produce el proceso de fotosíntesis, producto del cual la planta se alimenta y crece. Por ello, temperaturas medias están asociadas con mejores rendimientos finales del cultivo.

## **Duración del día o fotoperiodo**

El ciclo del maíz es una especie de días cortos. Es decir, su ciclo se acorta al acortarse la duración del día. Por ello es importante una siembra temprana del cultivo, para que cada etapa tenga un desarrollo óptimo, contribuyendo a un mayor rendimiento.

## **Agua**

El cultivo de maíz es muy susceptible a la falta de agua, especialmente en el período entre floración y llenado de grano. Esta etapa es crítica para la determinación del rendimiento del cultivo. El requerimiento hídrico del cultivo de maíz en todo su ciclo esta 500 a 700 mm de precipitación bien distribuida durante el ciclo del cultivo (Ortigoza *et al.*, 2019)

### **b. Nutrición**

#### ***i. Nitrógeno***

El nitrógeno es el más importante de los nutrientes esenciales requeridos por los cultivos, está involucrado en el proceso de fotosíntesis, ya que forma parte de la molécula de clorofila, y es un componente esencial de las proteínas y vitaminas de las plantas. Es uno de los nutrientes que más limita el rendimiento del maíz, su deficiencia provoca reducciones severas en el crecimiento del cultivo, básicamente por una menor tasa de crecimiento y expansión foliar que reducen la captación de la radiación fotosintéticamente activa (Favere *et al.*, 2017).

#### ***ii. Fertilización nitrogenada***

El manejo eficiente de la nutrición en el cultivo de maíz es fundamental para alcanzar rendimientos elevados, sostenidos en el tiempo, y con resultados económicos positivos. El empleo de abonos orgánicos y minerales debe orientarse en la meta de producción porque se extraen grandes cantidades de nutrientes del suelo disminuyendo sus reservas, por lo que no debe considerarse solo las necesidades de un cultivo, sino también el balance de nutrientes de los cultivos de rotación (Díaz-Zorita, 2014). Para realizar un plan de fertilización es necesario un análisis de suelo para conocer los niveles de nutrientes de contiene el suelo. Algunas de las dosis óptimas para la fertilización química en maíz se muestran en la tabla 2 (INIAP, 2014)



**Tabla 2.** Rangos de dosis de fertilizantes en maíz.

Análisis de suelo	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Kg/ha	K <sub>2</sub> O
Bajo	80 – 120	60 – 80	40 – 60
Medio	40 – 80	40 – 60	20 – 40
Alto	40	0 – 40	0 – 20

**Fuente:** (INIAP, 2014)

### *iii. Función del N en las plantas*

El nitrógeno que acumula la planta favorece a la actividad fotosintética, este nutriente es importante para el crecimiento, ayuda a la producción de la proteína en el grano, constituyente principal de los ácidos nucleicos (ADN y ARN), enzimas, coenzimas y clorofila. Ayuda a regular la utilización de los carbohidratos y controla la turgencia celular (Sagan-Gea, 2010). Mientras que, su deficiencia provoca bajos rendimientos, débil macollamiento en cereales, madurez prematura, hojas de color verde claro o amarillentas entre otras.

Un exceso de este elemento se traduce en menor resistencia frente a las plagas y enfermedades, vuelco de las plantas, hojas de color verde azulado y retardo en la maduración (Navarro *et al.*, 2013)

### *iv. Absorción del nitrógeno*

El nitrógeno (N) llega a las raíces de la planta a través del proceso denominado "flujo masal", o transporte en la solución del suelo siguiendo un gradiente hídrico (el N es llevado por el flujo transpiratorio de la planta). A mayor contenido de agua en el suelo, concentración del nutriente en la solución, tasa transpiratoria de la planta y temperatura del suelo y aire, el alcalde será la absorción de N por la planta. La planta puede absorber N tanto bajo la forma de nitrato (NO<sub>3</sub>) como de amonio (NH<sub>4</sub>). Estos iones llegan en primera instancia al espacio libre de la raíz (paredes celulares) y luego atraviesan las membranas entrando en las células vegetales. La absorción de nitrato se realiza contra un gradiente electroquímico (las raíces tienen carga negativa al igual que el ion nitrato, y la concentración de este último es mayor en las células de la raíz que en el suelo que la circunda), implicando, por lo tanto, un gasto de energía metabólica

(ATP). La absorción de amonio se realiza a través de mecanismos pasivos, sin gasto de energía (Uhart, 1998)

### **c. Micorrizas**

#### ***i. ¿Qué son y cómo actúan las micorrizas?***

Las micorrizas (del griego *myces* = hongo y *rhiza* = raíz) representan la asociación entre algunos hongos (micobiontes) y las raíces de las plantas (fitobiontes). El término "micorriza" fue acuñado por Frank, patólogo forestal alemán, en 1877, al estudiar las raíces de algunos árboles forestales.

Para 1900, el botánico francés Bernard resaltó su importancia al estudiar las orquídeas. Trappe (1994) define a las micorrizas en términos funcionales y estructurales, como "órganos de absorción dobles que se forman cuando los hongos simbioses viven dentro de los órganos de absorción sanos (raíces, rizomas o talos) de las plantas terrestres, acuáticas o epífitas". En esta asociación, la planta le proporciona al hongo carbohidratos (azúcares, producto de su fotosíntesis) y un microhábitat para completar su ciclo de vida; mientras que el hongo, a su vez, le permite a la planta una mejor captación de agua y nutrientes minerales con baja disponibilidad en el suelo (principalmente fósforo), así como defensas contra patógenos. Ambos, hongo y planta, salen mutuamente beneficiados, por lo que la asociación se considera como un "mutualismo". Evidencias fósiles y estudios moleculares sugieren que la asociación micorrícica se originó hace a.c 462-353 millones de años y, desde entonces, su formación es indispensable para el éxito ecológico de la mayoría de las plantas sobre la Tierra (Ricalde *et al.*, 2012)

#### ***ii. Tipos de micorrizas***

Pueden clasificarse mediante ciertas características morfológicas del hongo como por ejemplo la forma y el tipo de hifas, el nivel de penetración en la raíz o el tejido, así como los taxones involucrados. Es así que existen dos grandes tipos de micorrizas de acuerdo a la forma de penetración de las hifas en las células de la raíz: ectomicorrizas y endomicorrizas. También se describen formas intermedias como las: ectendomicorrizas (Valdés *et al.*, 2011).

#### ***iii. Función de las micorrizas en la planta***

Según López *et al.*, (2016) las micorrizas pueden ser analizadas en función a la relación suelo, planta y hongo. Se presentan modificaciones fisiológicas en la penetración y distribución del hongo en las raíces tales como:

- ✓ Aumento de la actividad nuclear de la masa citoplasmática, generación de nuevos organelos y del grado de vacuolación de las células corticales enfocado a raíces adventicias.
- ✓ Aumento de la diferenciación de los tejidos vasculares como xilema y floema en sus primeros estadios, promoviendo un mayor desarrollo radicular y capacidad exploratoria de la raíz.
- ✓ Al aumentar la absorción de nutrientes las hojas van a tener mayor disponibilidad de nutrientes y por ende se da un aumento de la tasa fotosintética
- ✓ Al incrementarse la absorción de nitrógeno se da el incremento de la síntesis de proteínas, de clorofila y de sustancias de crecimiento y metabolitos secundarios.
- ✓ Activación de los sistemas enzimáticos.
- ✓ Aumento de la capacidad absorbitiva de la raíz tanto de agua como de nutrientes ya que la planta es capaz de explorar más volumen de suelo del que alcanza con sus raíces.
- ✓ Almacenamiento temporal de nutrientes en la biomasa fúngica o en las raíces evitando su inmovilización química, biológica o lixiviación de estos nutrientes ya que el micelio de las micorrizas actúa como raíces de apoyo para la planta.

Por lo tanto, la planta genera mayor cantidad de raíces lo que le permite una mayor exploración del suelo físico favoreciendo la absorción y traslocación de nutrientes y agua incluso llegando a zonas no accesibles por las raíces no micorrizadas.

#### ***iv. Micorriza Rhizophagus irregularis***

A nivel mundial, inóculos comerciales que incluyen hongos micorrícicos están disponibles para la industria agrícola, además para comprobar su función en las plantas se ha llevado a cabo diferentes experimentos (Elliot *et al.*, 2020). La especie de hongo micorrícico más utilizada en la inoculación comercial es *Rhizophagus irregularis* debido a que es una especie que se encuentra presente en diversos ecosistemas, tiene la capacidad de colonizar de forma efectiva las raíces de la mayoría de plantas (Ordoñez *et al.*, 2021). *Rhizophagus irregularis* es un hongo simbiótico incapaz de crecer y reproducirse aislado de la planta hospedera, se asocia con numerosas especies cultivadas dotándolas de mayor tolerancia a las condiciones edafoclimáticas adversas y aumentando significativamente la producción, el sistema radicular y el crecimiento de las plantas. Aguirre *et al.*, (2019) en su ensayo evaluó la influencia de *Rhizophagus irregularis* sobre el rendimiento, contenido de fósforo y nitrógeno en el grano de maíz en interacción con distintas dosis de

fertilización en donde observó que el hongo tiene una amplia colonización en el sistema radical del maíz desde las etapas iniciales promoviendo un mayor crecimiento y rendimiento, lo cual permitió disminuir la dosis de fertilizante químico sin verse afectado el rendimiento.

v. ***Clasificación taxonómica del género Rhizophagus***

Clasificación taxonómica de las micorrizas utilizadas en el ensayo.

**Tipo:** Endomicorrizas

**Reino:** Fungi

**División:** Glomeromycetes

**Orden:** Glomerales

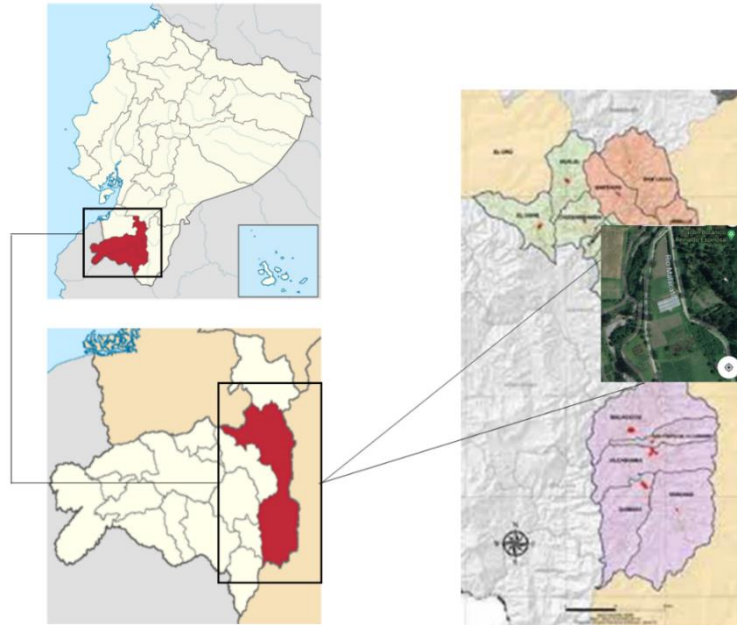
**Familia:** Glommeraceae

**Género:** *Rhizophagus*

## 6. MATERIALES Y MÉTODOS

### a. Localización del experimento

La investigación se realizó en la Quinta Experimental Docente La Argelia, sector Los Molinos, de la Universidad Nacional de Loja, ubicada en la parroquia urbana de San Sebastián. Se encuentra a una latitud de  $4^{\circ}00'01''\text{S}$ , una longitud de  $79^{\circ}27'13''\text{W}$  y una altitud de 2138 msnm (Figura 2). Las temperaturas promedio son de  $16.1^{\circ}\text{C}$ , con precipitaciones anuales de 1089.3 mm.



**Figura 2.** Ubicación del ensayo.

### b. Diseño experimental

Antes de implementar el diseño de campo, se corrigió la deficiencia de nutrientes del suelo según el análisis que se muestra (Tabla 3), con el fin de crear un lote homogéneo para evitar la influencia de otros factores.

El ensayo se desarrolló bajo un Diseño Completamente al Azar (DCA). Con arreglo bifactorial, el factor A fertilización completa, de acuerdo con requerimiento del cultivo, en donde varía las dosis de nitrógeno (N) que van desde 0, 50 % (40 N) y 100 % (80 N dosis normal), y el factor B para la inoculación se utilizó el producto ORGEVIT a base de micorrizas del género *Rhizophagus* sp. en diferentes dosis 0 = 0 esporas, 100 % (1,5 gr = 330 esporas/planta) y 200 % (3 gr = 660 esporas/planta) dando un total de nueve tratamientos (Tabla 4), con cuatro repeticiones

cada uno. Se tomó como unidad experimental (UE) a la parcela cuya dimensión es de 24 m<sup>2</sup> (4 m \*6 m) dando un total de 36 UE, ocupando un área total de 864 m<sup>2</sup> (Figura 3).

**Tabla 3.** *Análisis de suelo de la finca experimental docente La Argelia*

pH	Mo	N	P	S	K	Ca	Mg	Ca	Mg	Ca+Mg	Σ
	%	Ppm			meq/100ml			Mg	K	K	Bases
4,8	1,5	25	17	10	0,26	1,88	0,97	1,93	3,68	10,78	3,11
Muy ácido	Bajo	Medio	Medio	Bajo	Medio	Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Bajo	

Zn	Cu	Fe	Mn	B
Ppm				
3,3	5,2	313	34	0,5
Medio	Alto	Alto	Alto	Bajo

**Tabla 4.** *Tratamientos del experimento*

Tratamiento	Nitrógeno (%)	Micorrizas (%)
T1	100	0
T2	100	100
T3	100	200
T4	50	0
T5	50	100
T6	50	200
T7	0	0
T8	0	100
T9	0	200

**c. Modelo matemático**

$$Y_{ij} = \mu + \alpha + \beta + \alpha\beta + \epsilon_{ij}$$

$Y_{ij}$ : Variable de respuesta.

$\mu$ : Media global de la variable respuesta.

$\alpha$ : Efecto de la dosis de nitrógeno ( $i:1,2,3,4$ )

$\beta$ : Efecto de la dosis de micorriza inoculada ( $j:1,2,3,4$ )

$(\alpha \times \beta)$ : Efecto de la interacción entre dosis de nitrógeno y dosis de micorriza inoculada.

$\epsilon_{ij}$ : Error experimental.

#### d. Esquema de campo

En la Figura 3 se puede observar la distribución en campo de los nueve tratamientos cada uno con sus cuatro repeticiones, de manera aleatorizada.

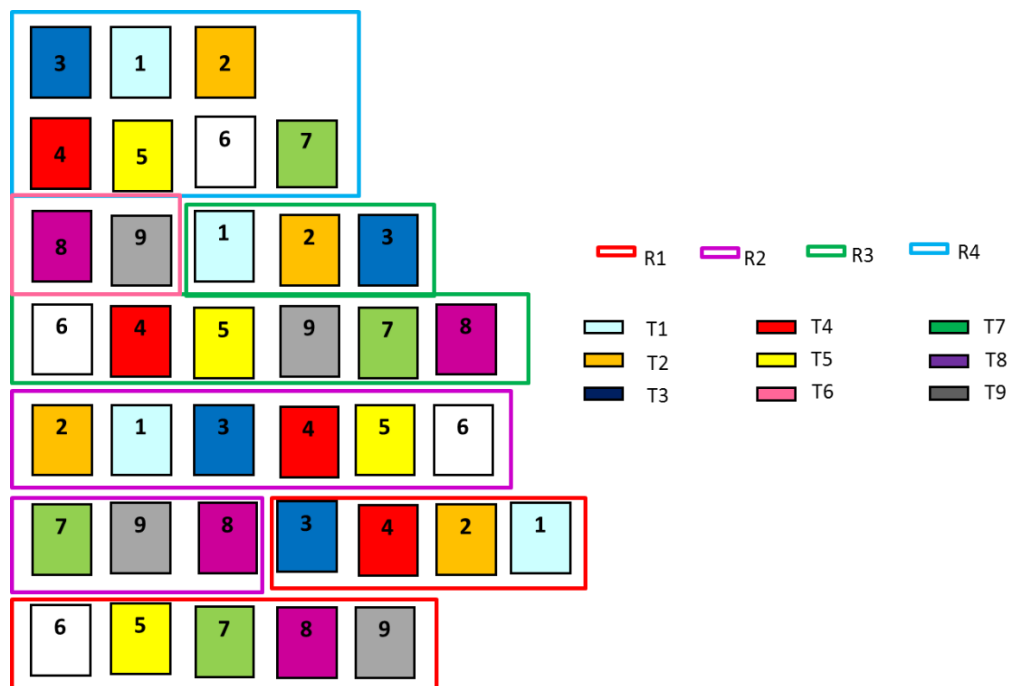


Figura 3. Esquema de campo del experimento.

#### e. Metodología general

Para el establecimiento del cultivo se realizó la preparación del suelo con arado, paso de la rastra y surcado con yunta. Después se procedió a trazar las parcelas de 4 m de ancho por 6 m de largo. Después de la preparación del suelo, se sembró el maíz blanco de la variedad INIAP-103 “Misqui Sara”, con una densidad de siembra de 62500 plantas  $ha^{-1}$  es decir 1 semilla por golpe cada 0,20 m entre planta y 0,80 m entre surco (Anexo 2). El marco de plantación se tomó como

referencia del resultado de una investigación precedente en donde se obtiene excelentes resultados con esta densidad (Calva, 2019). Se aplicó un control de arvenses de forma manual. En base al análisis de suelo realizado en la Estación Experimental del INIAP de Santa Catalina, se realizó la corrección de deficiencias de boro, azufre, calcio y magnesio, y también se ajustó el pH del suelo mediante la aplicación de cal agrícola (1583,3 kg ha<sup>-1</sup>), a fin de que no exista efectos sobre los tratamientos a aplicar (Tabla 3).

Se realizó la aplicación de urea en forma particionada ya que esta forma de aplicación incrementa los rendimientos (Villafaña *et al.*, 2014). Por lo general se recomienda aplicar el fertilizante nitrogenado a los 45 días después de la siembra a los lados (Yanez *et al.*, 2013). Tomando en cuenta esta recomendación del fraccionamiento del fertilizante en el ensayo se aplicó a los 0-30 y 60 días después de la siembra. Para la inoculación se procedió a pesar las diferentes dosis del producto ORGEVIT 0 gr, 1,5 gr = 330 esporas y 3 gr= 660 esporas, luego se coloca el producto en el suelo y sobre este se ubica la semilla de maíz.

#### **f. Metodología para el primer objetivo:**

“Evaluar la influencia de la dosis de nitrógeno y micorrizas sobre el crecimiento y el rendimiento de maíz blanco variedad INIAP-103”

- ✓ **Altura de la planta.** Con una cinta métrica se midió la longitud del tallo desde el cuello de la planta hasta el ápice expresada en cm, con una frecuencia de medición de ocho días.
- ✓ **Diámetro del tallo.** Con un calibrador se midió el diámetro del tallo a una altura de la planta de 5 cm, este registro se realizó cada 15 días.
- ✓ **Número de hojas.** Se registró semanalmente el número de hojas verdaderas durante el desarrollo del cultivo.
- ✓ **Tasa de crecimiento absoluto (TAC cm/día).** Con los datos de altura obtenidos tomados cada ocho días, se calcula la TAC utilizando la siguiente fórmula:

$$TAC = \frac{alt\ 2 - alt\ 1}{t2 - t1}$$

**Donde:**

**alt:** altura inicial y final

**T:** es el número de días evaluados



- ✓ **Tasa de crecimiento relativa (TCR).** Para el cálculo de esta variable se usó la siguiente fórmula:

$$TCR = \frac{1}{Li} * TCA$$

**Donde:**

**TCR:** tasa de crecimiento relativa

**Li:** largo inicial de la planta

**TCA:** tasa de crecimiento absoluto

- ✓ **Área foliar.** Una vez establecido el cultivo se procedió a medir el largo y ancho de las hojas, y luego se multiplicó por el factor constante 0,75 y así se obtuvo el área de las hojas, estas mediciones se realizaron cada 30 días.

$$\text{Área foliar} = \text{Largo} * \text{ancho} * 0,75$$

- ✓ **Índice de área foliar (IAF).** Se procedió a medir con una cinta métrica el área de las hojas cada 15 días, una vez obtenidos los valores del área foliar se procederá a utilizar la siguiente fórmula:

$$IAF = \frac{\text{Área foliar}}{\text{Área del terreno}}$$

- ✓ **Biomasa.** El registro del peso se lo realizó cada mes, se debe sacar una planta por parcela de las hileras del centro para evitar influencia del resto de tratamientos y se pesa en estado fresco y en estado seco.
- ✓ **Número de mazorcas.** Una vez que el cultivo está en fase de madurez fisiológica, se procedió a contar el número de mazorcas en un área determinada de la parcela, para posteriormente ponderarlo a número de mazorcas por hectárea.
- ✓ **Peso de la mazorca.** Se recolectó la mazorca, luego se quitó las brácteas de las mazorcas y se pesó en una balanza.
- ✓ **Número de granos por mazorca.** Se contó el número de filas de cada mazorca y el número de granos de cada fila, el número total de granos se calcula multiplicando el número de filas por el número de granos de cada fila.
- ✓ **Peso de mil granos.** Se tomó aproximadamente 1000 granos y se pesó en la balanza.

- ✓ **Rendimiento.** En base a los datos de número de granos por mazorca, peso de los granos se calcula el rendimiento mediante el empleo de la siguiente fórmula:

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Granos/mazorca} * \text{Núm. de mazorca/ha} * \text{peso de 1000 granos}}{1000}$$

Este peso se ajustó al 13 % de humedad mediante el empleo de la siguiente fórmula (Izquierdo, Evaluación del cultivo de maíz (*Zea mays*), como complemento a la alimentación de bovinos de leche en épocas de escasez de alimento Cayambe-Ecuador, 2012)

$$\text{Peso ajustado} = \frac{\text{rendimiento} * (100 - \text{humedad del grano})}{100 - \text{humedad deseada}}$$

**g. Metodología para el segundo objetivo:**

“Determinar el efecto de diferentes dosis de nitrógeno y micorrizas en la composición del grano de maíz blanco variedad INIAP-103”

Para el análisis de la composición del grano se lo realizó en el Laboratorio de Suelos, Agua y Bromatología de la Universidad Nacional de Loja.

- ✓ **Porcentaje de nitrógeno y proteína en el grano.** Para el análisis de proteínas se utilizó el método Kjeldahl (PanReac AppliChem, 2018) mediante la determinación del nitrógeno orgánico. En esta técnica se digieren las proteínas y otros componentes orgánicos de los alimentos en una mezcla con ácido sulfúrico en presencia de catalizadores. El nitrógeno orgánico total se convierte mediante esta digestión en sulfato de amonio. La mezcla digerida se neutraliza con una base y se destila posteriormente. El amoniaco liberado es arrastrado por destilación y recogido en una solución de ácido bórico. Los aniones del borato así formado se titulan con HCl estandarizado para determinar el nitrógeno contenido en la muestra. Las etapas generales del método son:

- Digestión
- Neutralización y destilación
- Valoración

Para el cálculo de estas variables se utilizan las siguientes fórmulas:

$$\% N = \frac{1,4 * (V1 - V0)N}{P}$$

**V1:** Volumen de HCl consumido en la valoración (ml)

**V0:** Volumen de HCl en la valoración de un blanco (ml)

**N:** Normalidad del HCl

**P:** Peso en g de la muestra

$$\%P = \%N * F$$

**P:** Porcentaje de proteína

**N:** Porcentaje de nitrógeno

**F:** Factor de conversión para pasar de contenido en nitrógeno a contenido en proteínas.

#### **h. Análisis de los datos**

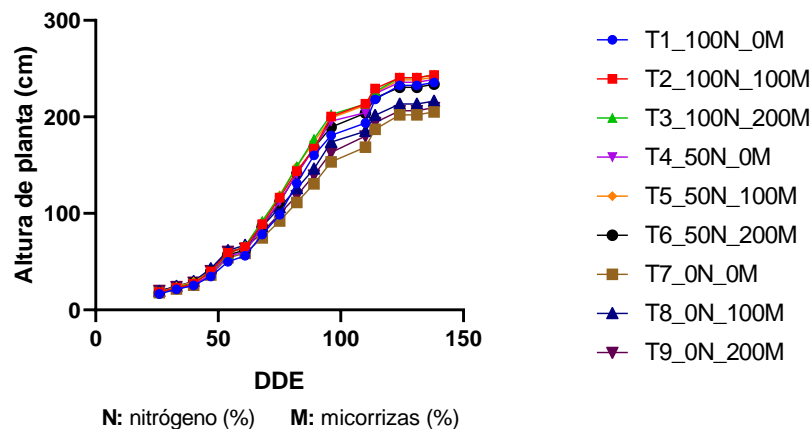
Los datos registrados fueron ordenados y tabulados en una hoja de cálculo de Microsoft Excel, para su análisis mediante el software estadístico Infostat versión libre 2020. Los datos fueron sometidos a un análisis de supuestos para luego realizar un análisis de varianzas (ANOVA) con un intervalo de confianza del 95%. En caso de existir diferencias significativas entre los tratamientos, se aplicó una prueba de comparación múltiple de Tukey al 95 % de confianza.

## 7. RESULTADOS

### a. Crecimiento y rendimiento

#### i. Altura de la planta

En lo que respecta a esta variable, la interacción del aporte de nitrógeno y de micorrizas, no afectó a la altura de la planta ( $p > 0,05$ ) y todos los tratamientos mostraron una dinámica de crecimiento semejante entre sí (Figura 4); no obstante, se evaluaron los efectos de la aplicación de nitrógeno y micorrizas por separado, es de esta forma que el factor que influyó en la altura de la planta, fue la aplicación de nitrógeno ( $p < 0,05$ ) (Tabla 5).



**Figura 4.** Dinámica de crecimiento del maíz blanco variedad INIAP 103 “Mishqui Sara”

**Tabla 5.** Altura de la planta de maíz INIAP 103 “Mishqui Sara”.

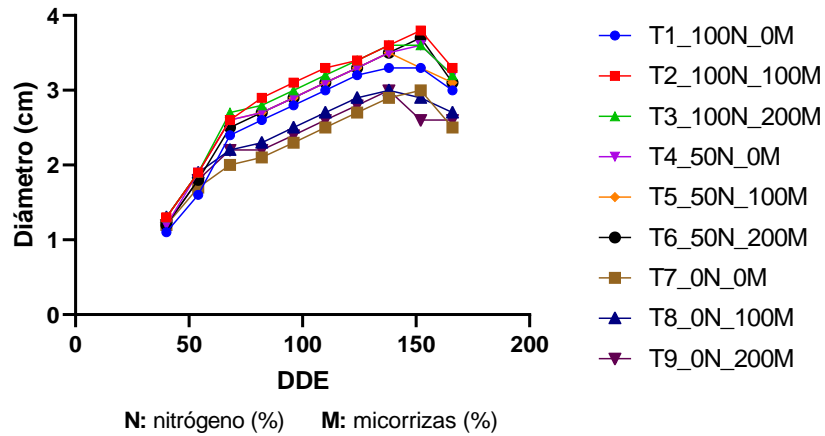
% N	DDE															
	26	33	40	47	54	61	68	75	82	89	96	110	117	124	131	138
0	19,07 <sup>ns</sup>	23,75 <sup>ns</sup>	27,98 <sup>ns</sup>	39,88 <sup>ns</sup>	58,87 <sup>ns</sup>	63,21 <sup>ns</sup>	80,52 <sup>ns</sup>	99,23 <sup>b</sup>	118,52 <sup>b</sup>	138,73 <sup>b</sup>	165,45 <sup>b</sup>	178,02 <sup>b</sup>	194,27 <sup>b</sup>	200,37 <sup>b</sup>	207,32 <sup>b</sup>	210,31 <sup>b</sup>
50	17,8 <sup>ns</sup>	22,84 <sup>ns</sup>	27,62 <sup>ns</sup>	38,71 <sup>ns</sup>	56,9 <sup>ns</sup>	62,54 <sup>ns</sup>	88,42 <sup>ns</sup>	114,2 <sup>a</sup>	143,56 <sup>a</sup>	169,82 <sup>a</sup>	194,52 <sup>a</sup>	206,86 <sup>a</sup>	223,01 <sup>a</sup>	229,63 <sup>a</sup>	234,95 <sup>a</sup>	237,95 <sup>a</sup>
100	17,69 <sup>ns</sup>	22,44 <sup>ns</sup>	26,72 <sup>ns</sup>	37,92 <sup>ns</sup>	55,74 <sup>ns</sup>	62,47 <sup>ns</sup>	86,4 <sup>ns</sup>	110,93 <sup>a</sup>	141,22 <sup>a</sup>	168,02 <sup>a</sup>	194,53 <sup>a</sup>	206,88 <sup>a</sup>	224,5 <sup>a</sup>	230,79 <sup>a</sup>	237,86 <sup>a</sup>	240,79 <sup>a</sup>

**Nota:** Letras diferentes en sentido vertical indican diferencia estadísticamente significativa ( $p$  valor  $< 0,05$ )

ns: no significativo

**ii. Diámetro del tallo**

En el análisis de diámetro del tallo, la interacción de los factores nitrógeno\*micorrizas no presentó diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) (Figura 5). Sin embargo, al analizar los factores por separado nitrógeno y micorrizas, se encontró que la aplicación del nitrógeno influye sobre en el diámetro del tallo ( $p < 0,05$ ), es decir la inclusión de nitrógeno aumento los valores de esta variable (Tabla 6).



**Figura 5.** Curva de crecimiento del diámetro del tallo de maíz blanco variedad INIAP 103 “Mishqui Sara”.

**Tabla 6.** Diámetro del tallo del maíz INIAP 103 “Mishqui Sara”.

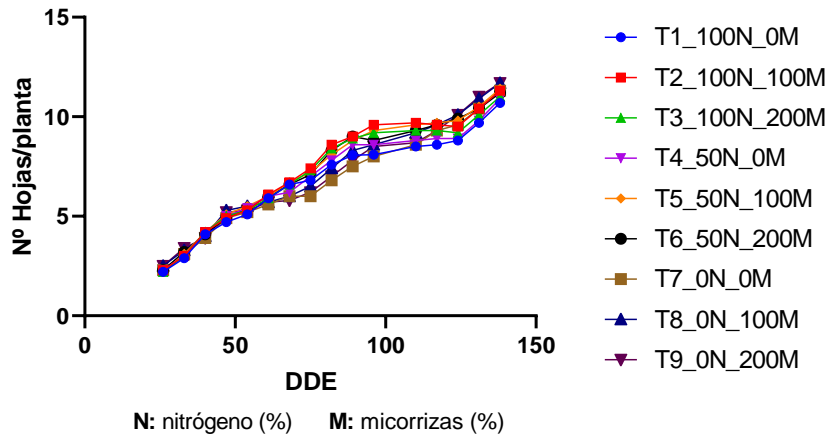
% N	DDE									
	40	54	68	82	96	110	124	138	152	166
<b>0</b>	1,22 <sup>ns</sup>	1,82 <sup>ns</sup>	2,11 <sup>b</sup>	2,19 <sup>b</sup>	2,4 <sup>b</sup>	2,59 <sup>b</sup>	2,78 <sup>b</sup>	2,97 <sup>b</sup>	2,8 <sup>b</sup>	2,61 <sup>b</sup>
<b>50</b>	1,25 <sup>ns</sup>	1,87 <sup>ns</sup>	2,56 <sup>a</sup>	2,73 <sup>a</sup>	2,92 <sup>a</sup>	3,1 <sup>a</sup>	3,29 <sup>a</sup>	3,47 <sup>a</sup>	3,3 <sup>a</sup>	3,13 <sup>a</sup>
<b>100</b>	1,25 <sup>ns</sup>	1,82 <sup>ns</sup>	2,57 <sup>a</sup>	2,77 <sup>a</sup>	2,96 <sup>a</sup>	3,15 <sup>a</sup>	3,33 <sup>a</sup>	3,5 <sup>a</sup>	3,34 <sup>a</sup>	3,18 <sup>a</sup>

**Nota:** Letras diferentes en sentido vertical indican diferencia estadísticamente significativa ( $p$  valor  $< 0,05$ )

*ns:* no significativo.

**iii. Número de hojas**

En cuanto al número de hojas, la interacción nitrógeno\*micorrizas no tuvo efecto sobre la variable ( $p > 0,05$ ) (Figura 6); sin embargo, el análisis de los factores por separado mostró que la aplicación de nitrógeno influyo en el número de las hojas por planta ( $p < 0,05$ ) (Tabla 7).



**Figura 6.** Número de hojas del maíz blanco variedad INIAP 103 “Mishqui Sara”.

**Tabla 7.** Número de hojas de maíz blanco INIAP 103 “Mishqui Sara”.

% N	DDE															
	26	33	40	47	54	61	68	75	82	89	96	110	117	124	131	138
<b>0</b>	2,42 <sup>ns</sup>	3,23 <sup>ns</sup>	3,94 <sup>ns</sup>	5,13 <sup>ns</sup>	5,35 <sup>ns</sup>	5,67 <sup>ns</sup>	5,93 <sup>b</sup>	6,22 <sup>b</sup>	7,04 <sup>b</sup>	7,75 <sup>b</sup>	8,38 <sup>ns</sup>	8,82 <sup>ns</sup>	9,38 <sup>ns</sup>	9,91 <sup>ns</sup>	10,72 <sup>ns</sup>	11,58 <sup>ns</sup>
<b>50</b>	2,27 <sup>ns</sup>	3,09 <sup>ns</sup>	4,16 <sup>ns</sup>	4,98 <sup>ns</sup>	5,41 <sup>ns</sup>	5,99 <sup>ns</sup>	6,47 <sup>a</sup>	7,1 <sup>a</sup>	8,04 <sup>a</sup>	8,78 <sup>a</sup>	8,89 <sup>ns</sup>	9,19 <sup>ns</sup>	9,38 <sup>ns</sup>	9,52 <sup>ns</sup>	10,26 <sup>ns</sup>	11,13 <sup>ns</sup>
<b>100</b>	2,2 <sup>ns</sup>	2,98 <sup>ns</sup>	4,15 <sup>ns</sup>	4,86 <sup>ns</sup>	5,25 <sup>ns</sup>	5,93 <sup>ns</sup>	6,64 <sup>a</sup>	7,17 <sup>a</sup>	8,19 <sup>a</sup>	8,64 <sup>a</sup>	8,94 <sup>ns</sup>	9,17 <sup>ns</sup>	9,16 <sup>ns</sup>	9,15 <sup>ns</sup>	10,05 <sup>ns</sup>	10,99 <sup>ns</sup>

**Nota:** Letras diferentes en sentido vertical indican diferencia estadísticamente significativa ( $p$  valor < 0,05)  
<sup>ns</sup>: no significativo

#### iv. Tasa de crecimiento absoluta (TCA)

En lo que respecta a la TCA no se observó un efecto de la interacción nitrógeno\*micorrizas ( $p > 0,05$ ); no obstante, al analizar el efecto de los factores por separados se observó que la aplicación de nitrógeno influye en la TCA de la altura desde los 68 hasta los 96 DDE ( $p < 0,05$ ) (Tabla 8).

**Tabla 8.** Tasa de crecimiento absoluto de maíz blanco INIAP 103 “Mishqui Sara”.

% N	DDE															
	26	33	40	47	54	61	68	75	82	89	96	110	117	124	131	138
<b>0</b>	0,73 <sup>ns</sup>	0,63 <sup>ns</sup>	0,65 <sup>ns</sup>	1,7 <sup>ns</sup>	2,71 <sup>ns</sup>	0,62 <sup>ns</sup>	2,48 <sup>b</sup>	2,67 <sup>b</sup>	2,76 <sup>b</sup>	2,89 <sup>b</sup>	3,82 <sup>ns</sup>	0,90 <sup>ns</sup>	2,32 <sup>ns</sup>	0,87 <sup>ns</sup>	0,99 <sup>ns</sup>	0,43 <sup>ns</sup>
<b>50</b>	0,68 <sup>ns</sup>	0,77 <sup>ns</sup>	0,64 <sup>ns</sup>	1,58 <sup>ns</sup>	2,6 <sup>ns</sup>	0,81 <sup>ns</sup>	3,7 <sup>a</sup>	3,68 <sup>a</sup>	4,2 <sup>a</sup>	3,75 <sup>a</sup>	3,53 <sup>ns</sup>	0,88 <sup>ns</sup>	2,31 <sup>ns</sup>	0,94 <sup>ns</sup>	0,76 <sup>ns</sup>	0,43 <sup>ns</sup>
<b>100</b>	0,68 <sup>ns</sup>	0,68 <sup>ns</sup>	0,61 <sup>ns</sup>	1,6 <sup>ns</sup>	2,55 <sup>ns</sup>	0,96 <sup>ns</sup>	3,42 <sup>a</sup>	3,5 <sup>a</sup>	4,33 <sup>a</sup>	3,83 <sup>a</sup>	3,79 <sup>ns</sup>	0,88 <sup>ns</sup>	2,52 <sup>ns</sup>	0,90 <sup>ns</sup>	1,01 <sup>ns</sup>	0,42 <sup>ns</sup>

**Nota:** Letras diferentes en sentido vertical indican diferencia estadísticamente significativa ( $p$  valor < 0,05)  
<sup>ns</sup>: no significativo

v. *Tasa de crecimiento relativa (TCR)*

De la misma manera que en la TCA, la interacción de los factores nitrógeno\*micorrizas no tiene efecto alguno ( $p>0,05$ ) sobre la TCR; no obstante, en el análisis de los factores de forma individual, se observó que la aplicación de nitrógeno influye en la TCR a los 68, 75, 82 y 96 DDE ( $p<0,05$ ) (Tabla 9).

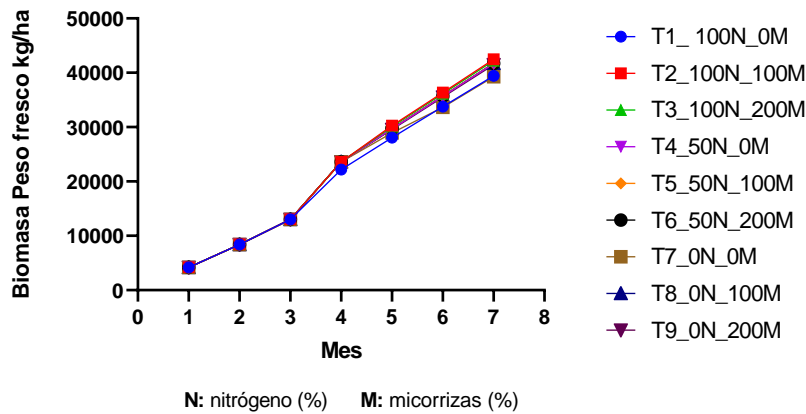
**Tabla 9.** *Tasa de crecimiento relativo de maíz blanco INIAP 103 “Mishqui Sara”.*

% N	DDE															
	26	33	40	47	54	61	68	75	82	89	96	110	117	124	131	138
0	0 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>b</sup>	0,03 <sup>b</sup>	0,03 <sup>b</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>a</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0 <sup>ns</sup>
50	0 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>a</sup>	0,04 <sup>a</sup>	0,04 <sup>a</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>b</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0 <sup>ns</sup>	0 <sup>ns</sup>
100	0 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>a</sup>	0,04 <sup>a</sup>	0,04 <sup>a</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>b</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0 <sup>ns</sup>	0 <sup>ns</sup>

*Nota: Letras diferentes en sentido vertical indican diferencia estadísticamente significativa (p valor < 0,05)  
ns: no significativo*

vi. *Biomasa en peso fresco (kg ha<sup>-1</sup>)*

En la Figura 7 se observa el efecto de la interacción entre nitrógeno y micorrizas sobre la biomasa en peso fresco del maíz, como se puede observar no existen diferencias significativas en la interacción nitrógeno\*micorrizas; sin embargo, al analizar los factores por separado se pudo determinar que las micorrizas influyen en el peso fresco de la planta a los 180 y 210 DDE como se observa en la Tabla 10.



**Figura 7.** Biomasa en peso fresco del cultivo de maíz blanco variedad INIAP 103 “Mishqui Sara”.

**Tabla 10.** *Peso fresco de maíz blanco INIAP 103 “Mishqui Sara”.*

M (%)	DDE						
	30	60	90	120	150	180	210
0	4177,9 <sup>ns</sup> 4179,64	8397,46 <sup>ns</sup>	13012,86 <sup>ns</sup>	23131,73 <sup>ns</sup>	28897,99 <sup>ns</sup>	34366,48 <sup>b</sup>	40130,34 <sup>b</sup>
100	<sup>ns</sup> 4179,92	8400,94 <sup>ns</sup>	13018,08 <sup>ns</sup>	23607,44 <sup>ns</sup>	29898,19 <sup>ns</sup>	35931,99 <sup>a</sup>	41974,83 <sup>a</sup>
200	<sup>ns</sup>	8401,51 <sup>ns</sup>	13018,93 <sup>ns</sup>	23608,57 <sup>ns</sup>	29788,49 <sup>ns</sup>	35800,35 <sup>a</sup>	41821,25 <sup>a</sup>

**Nota:** Letras diferentes en sentido vertical indican diferencia estadísticamente significativa ( $p$  valor  $< 0,05$ )

*ns:* no significativo

### vii. Biomasa en peso seco ( $kg\ ha^{-1}$ )

En lo que respecta a la biomasa en peso seco, se observó que la interacción entre la aplicación de nitrógeno y micorrizas influyen en el peso seco de la planta ( $p < 0,05$ ) (Tabla 11).

**Tabla 11.** *Peso seco de maíz blanco INIAP 103 “Mishqui Sara”.*

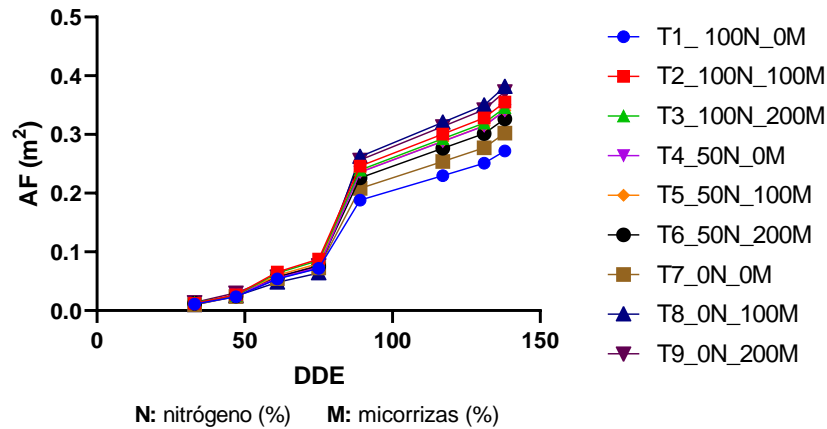
Tra.	N (%)	M (%)	DDE						
			30	60	90	120	150	180	210
<b>T7</b>	0	0	4169,35 <sup>ab</sup>	8380,37 <sup>ab</sup>	12987,23 <sup>ab</sup>	17941,3 <sup>ab</sup>	21843,3 <sup>h</sup>	26266,12 <sup>h</sup>	30697,97 <sup>h</sup>
<b>T8</b>	0	100	4169,06 <sup>b</sup>	8379,79 <sup>b</sup>	12986,35 <sup>b</sup>	17940,14 <sup>b</sup>	22633,5 <sup>e</sup>	27214,37 <sup>e</sup>	31804,27 <sup>e</sup>
<b>T9</b>	0	200	4168,99 <sup>b</sup>	8379,65 <sup>b</sup>	12986,13 <sup>b</sup>	17939,85 <sup>b</sup>	22466,48 <sup>g</sup>	27013,94 <sup>g</sup>	31570,43 <sup>g</sup>
<b>T4</b>	50	0	4168,64 <sup>b</sup>	8378,95 <sup>b</sup>	12985,09 <sup>b</sup>	17938,46 <sup>b</sup>	22623,07 <sup>f</sup>	27201,85 <sup>f</sup>	31789,66 <sup>f</sup>
<b>T5</b>	50	100	4169,19 <sup>ab</sup>	8380,04 <sup>ab</sup>	12986,72 <sup>ab</sup>	17940,63 <sup>ab</sup>	22634,12 <sup>de</sup>	27215,12 <sup>de</sup>	31805,13 <sup>de</sup>
<b>T6</b>	50	200	4170,20 <sup>a</sup>	8382,08 <sup>a</sup>	12989,78 <sup>a</sup>	17944,71 <sup>a</sup>	22639,22 <sup>d</sup>	27221,23 <sup>d</sup>	31812,27 <sup>d</sup>
<b>T1</b>	100	0	4169,14 <sup>ab</sup>	8379,95 <sup>ab</sup>	12986,59 <sup>ab</sup>	17940,46 <sup>ab</sup>	22758,9 <sup>c</sup>	27364,85 <sup>c</sup>	31979,82 <sup>c</sup>
<b>T2</b>	100	100	4169,36 <sup>ab</sup>	8380,38 <sup>ab</sup>	12987,24 <sup>ab</sup>	17941,32 <sup>ab</sup>	23176,65 <sup>a</sup>	27866,15 <sup>a</sup>	32564,67 <sup>a</sup>
<b>T3</b>	100	200	4169,41 <sup>ab</sup>	8380,48 <sup>ab</sup>	12987,38 <sup>ab</sup>	17941,51 <sup>ab</sup>	23010,22 <sup>b</sup>	27666,43 <sup>b</sup>	32331,67 <sup>b</sup>

**Nota:** Letras diferentes en sentido vertical indican diferencia estadísticamente significativa ( $p$  valor  $< 0,05$ )  
*ns:* no significativo

### viii. Área foliar

En los resultados obtenido desde los 33 DDE (VE) hasta los 138 DDE (R1), no existen diferencias significativas, pero se debe recalcar que el tratamiento 8 (0 % nitrógeno y 100 % micorrizas) obtuvo mayor área foliar 0,38 m<sup>2</sup> mientras que el tratamiento 1 (100 % nitrógeno y 0 % micorrizas) consiguió 0,27 m<sup>2</sup> (Figura 8).

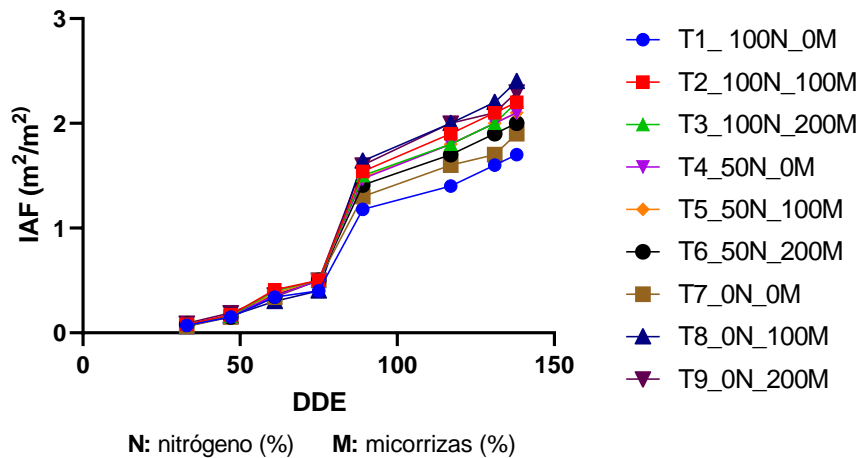




**Figura 8.** Área foliar de maíz blanco variedad INIAP 103 “Mishqui Sara”.

**ix. Índice de área foliar (IAF)**

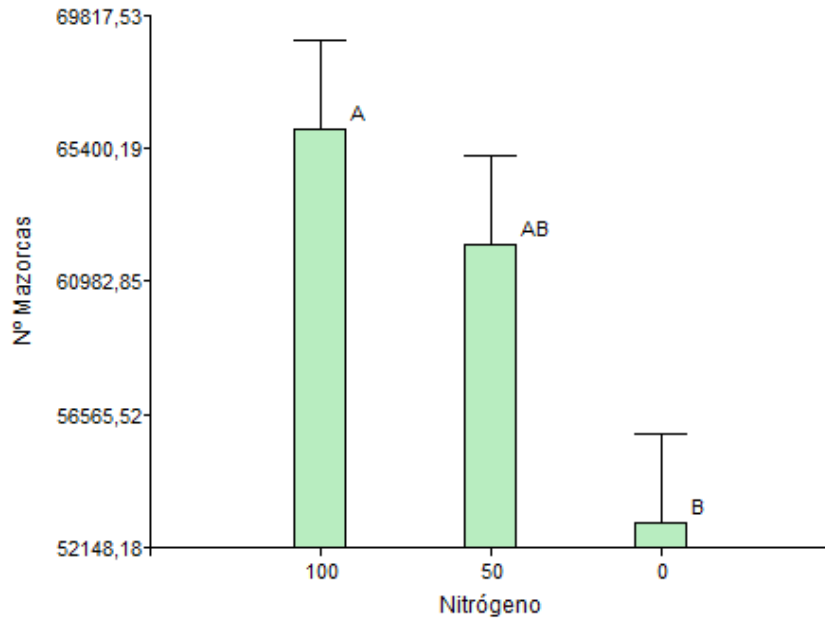
En cuanto al IAF, los resultados desde los 33 DDE hasta los 138 DDE, no muestran diferencias significativas entre los tratamientos, sin embargo, en el tratamiento 8 (0 % nitrógeno y 100 % micorrizas) se observó un mayor IAF = 2,39 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> (Figura 9).



**Figura 9.** Índice de área foliar de maíz blanco variedad INIAP 103 “Mishqui Sara”.

**x. Número de mazorcas**

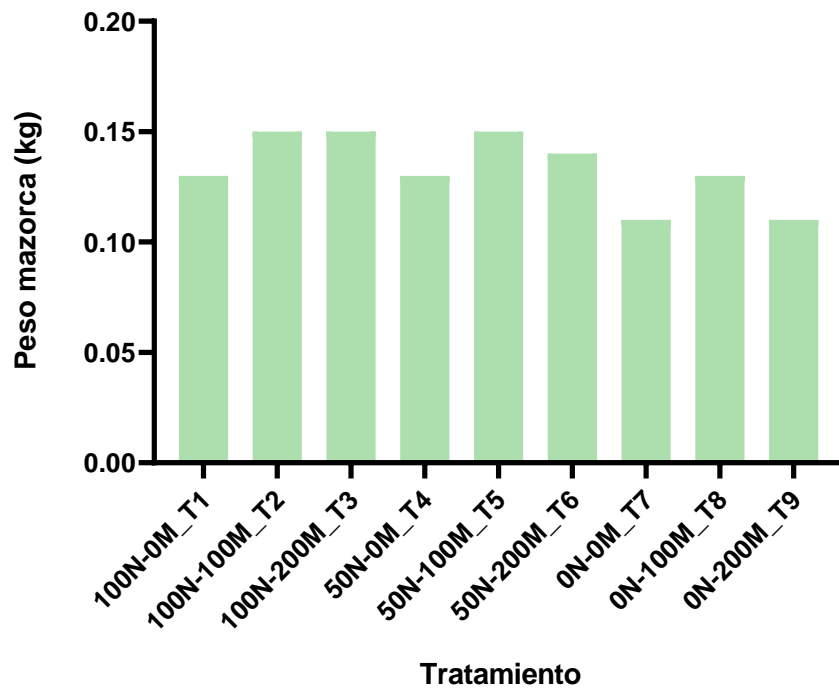
En cuanto a esta variable se determinó que no existen diferencias significativas para la interacción nitrógeno\*micorrizas ( $p > 0,05$ ), por otro lado, al analizar los factores por separado se observó que el nitrógeno influye en el número de mazorcas por hectárea (Figura 10).



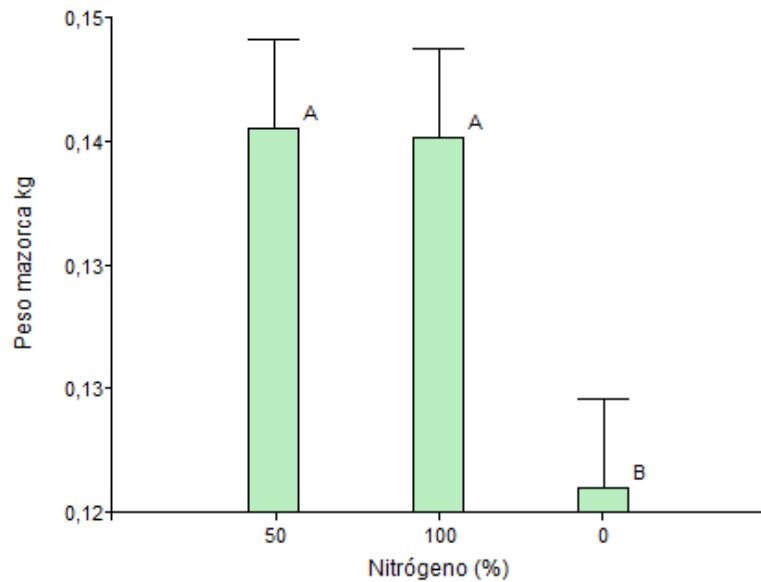
**Figura 10.** Influencia del nitrógeno sobre el número de mazorcas por hectárea de maíz blanco variedad INIAP 103 “Mishqui Sara”.

***xi. Peso de la mazorca***

En lo que respecta a esta variable, no se encontraron diferencias estadísticas en la interacción nitrógeno\*micorrizas ( $p > 0,05$ ) (Figura 11); tras no encontrar influencia de la interacción nitrógeno\*micorrizas, se evaluaron por separado estos factores y se determinó que el peso de la mazorca esta influencia por la aplicación de nitrógeno; es decir existen diferencias significativas para este factor ( $p < 0,05$ ) (Figura 12).



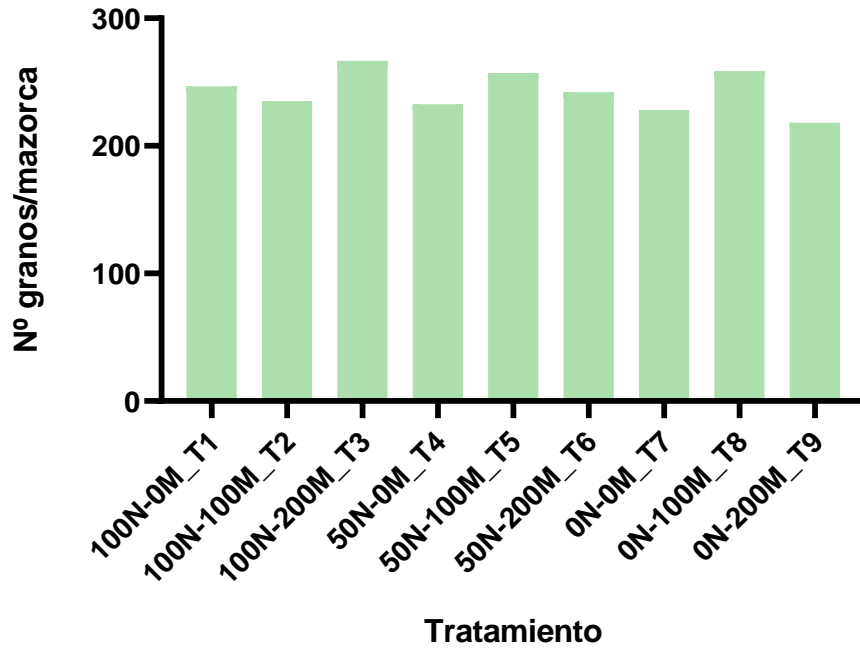
**Figura 11.** Interacción nitrógeno\*micorrizas sobre el peso de la mazorca de maíz.



**Figura 12.** Efecto del nitrógeno sobre el peso de la mazorca de maíz blanco variedad INIAP 103 “Mishqui Sara”.

**xii. Número de granos por mazorca**

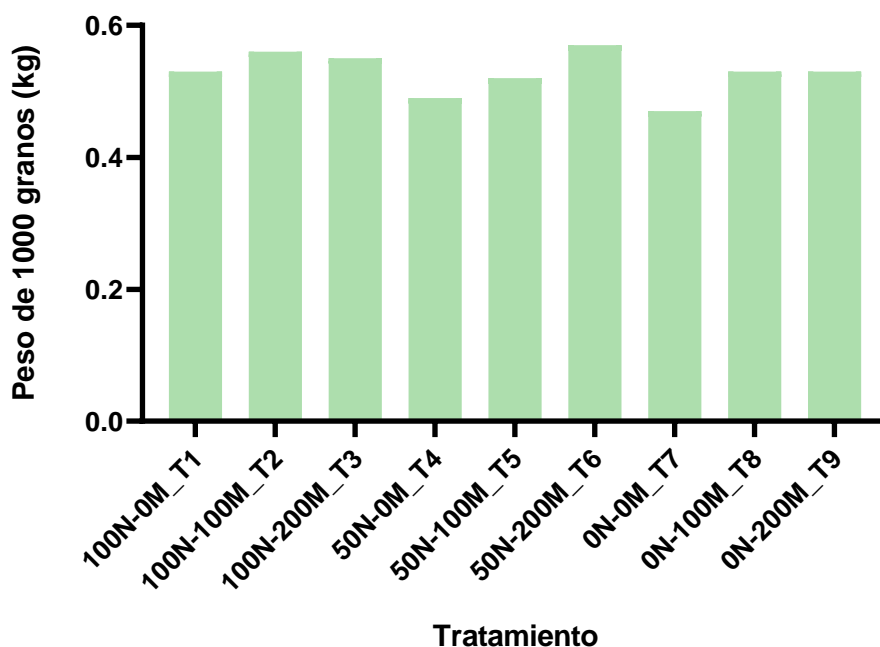
No se observaron diferencias estadísticas bajo ningún tratamiento en el número de granos por mazorca ( $p > 0,05$ ) (Figura 13).



**Figura 13.** Interacción nitrógeno\*micorrizas en el número de granos por mazorca del maíz blanco variedad INIAP 103 “Mishqui Sara”.

**xiii. Peso de mil granos**

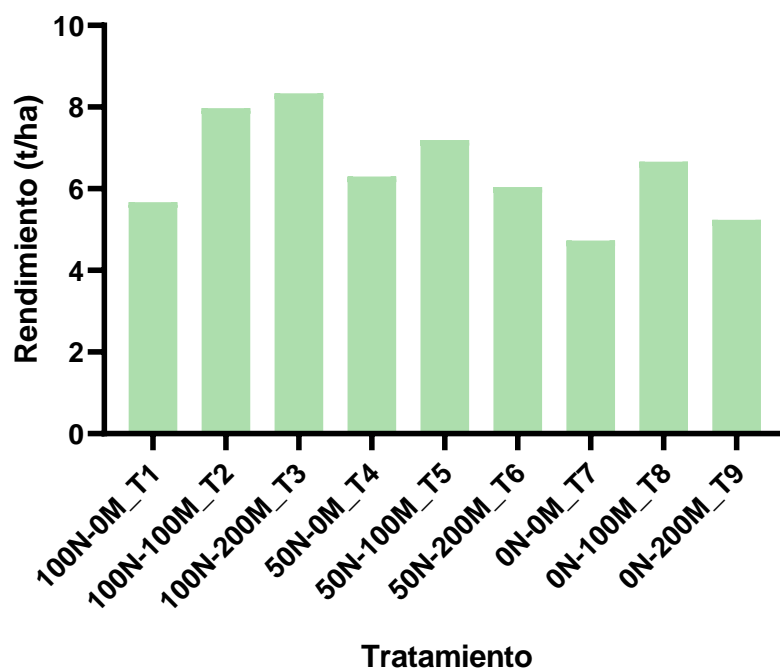
En cuanto al peso de 1000 granos, no existe diferencias significativas entre los tratamientos (Figura 14), no obstante, se puede decir que el mayor peso de granos (0,57 kg en 1000 granos) tiene el tratamiento 6 (50 % nitrógeno y 200 % micorrizas).



**Figura 14.** Interacción nitrógeno\*micorrizas en el peso de mil granos del maíz blanco variedad INIAP 103 “Mishqui Sara”.

**xiv. Rendimiento**

Se observa el rendimiento de maíz blanco bajo distintos tratamientos, en donde no existen diferencias significativas entre ellos ( $p > 0,05$ ) (Figura 15), no obstante, el tratamiento 3 (100 % nitrógeno y 200 % micorriza) obtuvo  $8,3 \text{ t ha}^{-1}$  seguido del tratamiento 2 (100 % nitrógeno y 100 % micorriza) que presentó un rendimiento de  $8,0 \text{ t ha}^{-1}$ .

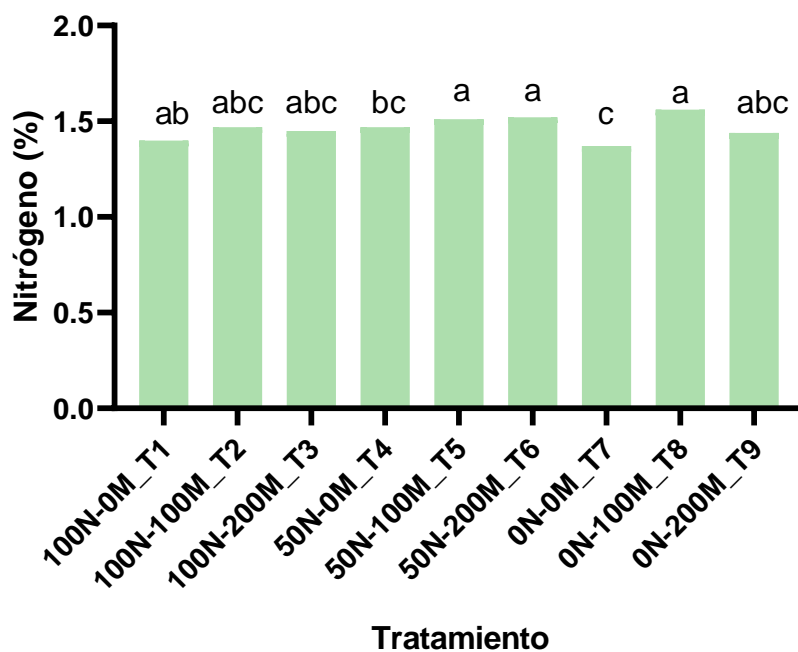


**Figura 15.** Rendimiento del maíz blanco variedad INIAP 103 “Mishqui Sara”.

## 8. Porcentaje de nitrógeno y proteína del grano

### *xv. Porcentaje de nitrógeno*

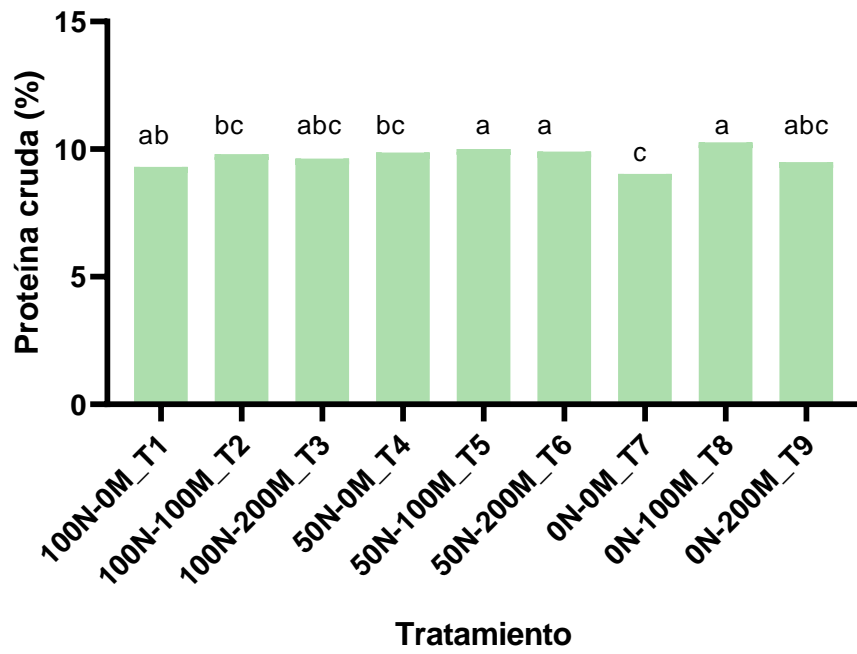
En cuanto al porcentaje de nitrógeno, se pudo observar que existe diferencias significativas bajo la interacción de la aplicación de nitrógeno y micorrizas ( $p < 0,05$ ) (Figura 16), siendo el tratamiento 8 el que presento el mayor porcentaje de nitrógeno en el grano 1,56 %.



**Figura 16.** Porcentaje de nitrógeno en el grano del maíz blanco variedad INIAP 103 “Mishqui Sara”.

*xvi. Proteína del grano*

En cuanto a la proteína del grano, se pudo observar que existe diferencias significativas bajo la interacción de la aplicación de nitrógeno y micorrizas ( $p < 0,05$ ) (Figura 17), siendo el tratamiento 8 el que presentó el mayor porcentaje de nitrógeno en el grano 10,27 %.



**Figura 17.** Porcentaje de proteína cruda en los granos de maíz blanco variedad INIAP 103 “Mishqui Sara”.



## 9. DISCUSIÓN

En cuanto al crecimiento de las plantas de maíz, para la variable altura no se muestran diferencias estadísticas entre los tratamientos, pero si existe un efecto positivo del factor nitrógeno ( $p < 0,05$ ), cabe recalcar que los máximos valores se observan a los 138 DDE (R1), con una altura promedio de 243,43 cm en el tratamiento 2 (100% de N y 100 % de micorrizas), esta altura se encuentra dentro del rango que el INIAP (2013) reporta durante el ensayo implementado la variedad alcanzó una altura entre los 230 y 270 cm. De acuerdo con Izquierdo (2012) en su investigación de campo obtuvo la mayor altura (258 cm) al aplicar una fertilización nitrogenada a los 45 días después de la siembra en la variedad de maíz Guaranda en el cantón Cayambe. Por el contrario Calva (2019) en su ensayo de campo realizado en el mismo sector, y con similares condiciones alcanza una altura promedio de 132 cm, esto puede deberse a las diferentes dosis de nitrógeno que se aplicó para cada tratamiento.

Para la variable diámetro de tallo, no se observó diferencias entre la interacción nitrógeno\*micorrizas, sin embargo, si se observa un efecto del nitrógeno ( $p < 0,05$ ) sobre esta variable, además cabe recalcar que el tratamiento 2 (100% nitrógeno y 100 % de micorrizas) alcanzó un mayor diámetro 3,30 cm a los 166 DDE a diferencia del tratamiento testigo que obtuvo un diámetro de 2,52 cm. De acuerdo con, Montejo *et al.*, (2018) los tratamientos en donde uso una fertilización nitrogenada presentaron un mayor diámetro de tallo en comparación con el testigo.

Con respecto al número total de hojas no se observa diferencia estadística entre los tratamientos, sin embargo, al evaluar el factor nitrógeno se observa una influencia positiva ( $p < 0,05$ ), el número total de las hojas es similar en todos los tratamientos, varía de 10 a 12 hojas, estos valores son similares a los que menciona Izquierdo (2012) en su investigación alanzo un número total de hojas de 11 en la variedad Mishka. De igual manera Calva (2019) obtiene un número total de hojas 12 con una densidad de 62500 plantas/ha (1 semilla por golpe) al aplicar una dosis del 100 % de nitrógeno (urea). Además, Naranjo (2016) en su evaluación en maíz blanco blandito (INIAP - 102) obtuvo un número total de 13 hojas por planta con una fertilización a base de nitrógeno, fosforo y potasio. Bawa (2021) menciona que al aplicar  $90 \text{ kg ha}^{-1}$  de nitrógeno las plantas de maíz obtuvieron un promedio de 13 hojas.

Para la TCA se observa diferencias significativas para el factor nitrógeno en los primeros estadios, que va desde los 68 hasta los 96 DDE. De acuerdo con Barrera *et al.*, (2017) reporta que

en su ensayo realizado con un híbrido de maíz observó el incremento de la TCA a partir de los 56 DDE, esta tendencia se dio en la mayor parte de los tratamientos tanto con fertilización química como orgánica. Además, Melgarejo (2010) señala que en las especies vegetales de ciclo anual se observa una mayor producción de biomasa eficiente y una alta capacidad fotosintética en las primeras etapas vegetativas, lo cual puede dar respuesta a los altos valores de esta variable en las primeras etapas del desarrollo. De igual manera para la variable de TCR existen diferencias a los 68, 75, 82 y 96 DDE. Así como se expuso en la variable altura el factor nitrógeno es el elemento que más afecta tanto en la TCA y TCR. Estos resultados concuerdan con Hernández (2016) quien menciona que observo diferencias estadísticas en la TCR a partir de los 36 DDE hasta los 78 DDE en maíz de la variedad PIONNER.

La mayor biomasa en estado fresco la obtuvo el tratamiento 2 (100 % nitrógeno y 100 % micorrizas) con 42490,92 kg ha<sup>-1</sup> observándose un aumento de 8,19 % en comparación al tratamiento 7 testigo (39271,94 kg ha<sup>-1</sup>), estos resultados difieren con los de Calva (2019) en donde se alcanzó una biomasa de 33000 kg ha<sup>-1</sup> en maíz blanco variedad INIAP 103 solamente aplicando una fertilización de NPK en dosis normal y una densidad de siembra de 62500 plantas ha<sup>-1</sup> con una semilla por golpe, esta diferencia en las mismas condiciones se puede dar ya que a medida que aumenta el tamaño de la planta, incrementa su número de hojas dando como resultado una mayor producción de biomasa. Además, que se observó el efecto positivo de la aplicación de micorrizas sobre la biomasa fresca esto puede ser debido a que estos microorganismos actúan como biofertilizantes promoviendo una mayor movilización de nutrientes disponibles, que al ser absorbidos por el micelio del hongo son transportados hacia las plantas (Ordoñez *et al.*, 2021).

Por otro lado, la cantidad de biomasa en estado seco se ve afectada por la interacción nitrógeno\*micorrizas. Celebi *et al.*, (2010) expusieron el efecto positivo de las micorrizas en el crecimiento de maíz, en donde observaron un aumento promedio de 31 % en la biomasa seca para las plantas inoculadas con micorrizas. De igual manera Stoffel (2020) menciona que las plantas de maíz tratadas con el inoculante micorrizico aumentaron significativamente la biomasa en todos los lugares muestreados. Asimismo, Montejo *et al.*, (2018) afirma que al aplicar *Rhizophagus* más una fertilización química se observo un incremento en la biomasa seca como resultado de mayores índices en el crecimiento de las plantas de maíz.

Para la variable área foliar no existen diferencias significativas, pero se debe recalcar que con el tratamiento 8 (0 % nitrógeno y 100 % micorrizas) el área foliar se incrementó en un 40,7 %, a diferencia del tratamiento 1 (100 % nitrógeno y 0 % micorrizas). Mientras que para el IAF se observó que el mayor valor está en el tratamiento 8 al aplicar una dosis de 0% nitrógeno y 100 kg ha<sup>-1</sup> micorrizas con un incremento del 40,5 %, este valor está acorde a la investigación de Calva (2019) quien obtuvo un IAF del 40 % más, con la misma densidad y al aplicar 100 % de nitrógeno. De igual manera, en el ensayo de Estévez en (2017) se consiguió un IAF del 45 % (2,47 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>) con una densidad comercial, durante la etapa de aparición de los estigmas. Asimismo, Abera *et al.*, (2017) afirman que en su trabajo de campo todas las variedades de maíz evaluadas produjeron un área foliar y un IAF más alto al ser tratadas mediante la aplicación de nitrógeno, lo que nos indica el papel importante que cumple el nitrógeno para el desarrollo foliar.

El mayor número de mazorcas por hectárea lo obtuvo el tratamiento 2 (100 % nitrógeno y 100 % micorrizas) 77083 mazorcas ha<sup>-1</sup> a diferencia del tratamiento testigo que consiguió el menor número de mazorcas hectárea 49739,75. Estos datos son similares a los encontrados por Bravo (2020) en la variedad INIAP-603 (híbrido de maíz duro) donde utilizo como fuente nitrogenada urea.

En la variable peso de la mazorca no existen diferencias entre los tratamientos, pero si se observó un incremento del 36 % en el peso de la mazorca en el tratamiento 5 (50 % nitrógeno y 100 % micorrizas) con 0,15 kg en comparación con el testigo que alcanzo un menor peso con 0,11 kg. Igualmente, Jiménez *et al.*, (2017) en su investigación consigo un peso de la mazorca de maíz blanco de 0,13 kg con una fertilización a base de nitrógeno. También, en el ensayo realizado por Naranjo (2016) obtuvo un peso promedio de la mazorca de 0,14 kg con una fertilizacion a base de nitrógeno, lo que corrobora la importancia del nitrogeno en el cultivo de maíz.

En cuanto al número de granos por mazorca no hay diferencias significativas, el mayor número de granos por mazorca lo obtuvo el tratamiento 3 (100 % nitrógeno y 200 % micorriza) con 266,73 granos. Estos resultados discrepan con los de Navarrete (2020) quien menciona que en su investigación con el híbrido de maíz Somma obtuvo un mayor número de granos (564,20) en las plantas tratadas con micorrizas siendo estadísticamente superior a las plantas no tratadas. Igualmente, Garzón (2016) menciona que uno de los beneficios de las micorrizas es la capacidad

que tiene estos hongos para estimular un mayor tamaño y producción de semilla a través de la incorporación de nitrógeno, fósforo y otros nutrientes.

En el peso de mil granos no existe diferencias significativas entre los tratamientos, no obstante, se puede decir que el mayor peso de granos (0,57 kg en 1000 granos) tiene el tratamiento 6 (50 % nitrógeno y 200 % micorrizas) a diferencia del tratamiento 7 (testigo) tiene 0,47 kg. Estos resultados concuerdan con Selassie (2015) quien afirma que en su estudio de campo, el fertilizante nitrogenado no mostro efecto significativo sobre el peso de los granos. Por otro lado, Ruiz (2010) menciona que en su ensayo de campo se observo un mayor peso de mil granos al realizar aplicaciones de nitrógeno (urea) tanto para un manejo convencional como un manejo orgánico. Estudios realizados por Bravo (2020) mediante la aplicación de nitrógeno obtuvo un peso de 1000 granos de 0,33 kg siendo estos datos inferiores a los reportados en el presente ensayo.

El rendimiento fue ajustado a una humedad del 13 %, a pesar que no existió efecto significativo de los factores evaluados los mayores rendimientos de grano se dan al aplicar una dosis de 100 % nitrógeno y 200 % de micorrizas con los que se obtuvo 8,3 t ha<sup>-1</sup>. De igual manera al aplicar una dosis del 100% nitrógeno y 100 % micorriza el rendimiento es de 8,0 t ha<sup>-1</sup>, en comparación al testigo que fue de 4,73 t ha<sup>-1</sup>. El INIAP (2011) tras una investigación realizada en la Sierra sur del Ecuador con la variedad INIAP 103 obtuvo un rendimiento de grano seco en promedio de 7,7 t ha<sup>-1</sup>. Cabe recalcar que el rendimiento también depende de las condiciones edafoclimáticas y del manejo del cultivo. Además, los valores de rendimiento obtenidos en el ensayo se relacionan con la investigación del INIAP (2013) en donde la variedad Mishqui Sara reporta un rendimiento de grano seco que oscila entre 4,5 a 10,9 t ha<sup>-1</sup>. Igualmente se realizó la evaluación del rendimiento de maíz ajustado al 13% de humedad en la provincia de Loja en la localidad de El Almendral, El Naranjo y Sumaipamba con rendimientos de 6,7 t ha<sup>-1</sup>, 8,8 t ha<sup>-1</sup>. y 6,5 t ha<sup>-1</sup> respectivamente en el año 2009 (Álvarez *et al.*, 2014). Selassie (2015) al evaluar distintas dosis de nitrógeno comprobó el efecto positivo que tiene el nitrógeno sobre los componentes del rendimiento alcanzando el máximo rendimiento al usar una dosis de 200 %. Los resultados de esta investigación permiten indicar que el uso de micorrizas solo no puede reemplazar la demanda de nitrógeno del cultivo de maíz por el contrario su función es ser más eficiente en el uso de los fertilizantes nitrogenados INIFAP (2012) menciona que los microorganismos añadidos no reemplazan a los fertilizantes químicos, sino que ayudan a que estos sean absorbidos de manera

más eficiente. Esto se puede corroborar con el ensayo realizado por Navarrete (2020) en “San Pablo” Babahoyo en donde la siembra del maíz de híbrido Somma con la aplicación de micorrizas generó incrementos en el rendimiento con relación al cultivo no tratado con los microorganismos.

Para las variables evaluadas en la composición del grano seco el mayor porcentaje de nitrógeno 1,56 % lo obtuvo el tratamiento 8 (0 % nitrógeno y 100 % micorrizas) mientras que el menor porcentaje 1,37 % lo obtuvo el tratamiento testigo. En cuanto al contenido nutricional cantidad de proteína en el grano seco se observa que el mayor porcentaje (10,27 %) se da cuando se aplica una dosis de 0% nitrógeno y 100 % de micorrizas. Estudios de campo realizados por el INIAP (2013) presentan un porcentaje de proteína en promedio de 8,30 %. Otras investigaciones reportadas por el INIAP señalan que en el rango de proteína en base seca en maíces blanco varían de 8 a 8,30 %. La interacción de nitrógeno y micorrizas dan buenos resultados en cuanto al porcentaje de proteína, ya que por un lado como lo menciona Barrios *et al.*, (2018) en su ensayo encontró que los mayores porcentajes de proteína lo obtuvo en los tratamientos en donde se realizó una fertilización nitrogenada y no solamente eso, sino que el INIFAP (2012) menciona que la respuesta de las plantas a la micorriza se atribuye al crecimiento del micelio, el cual actúa como extensión de la raíz por lo cual facilita el transporte de nutrientes y agua produciendo una mayor cantidad de fotoasimilados los cuales serán destinados al grano de maíz.

## **10. CONCLUSIONES**

- ✓ En relación al crecimiento de las plantas de maíz la interacción nitrógeno\*micorrizas no influye sobre estas variables. Sin embargo, existe un efecto del nitrógeno siendo el tratamiento 2 (100 % nitrógeno y 100 % micorrizas) el que presenta mayor altura de la planta, diámetro del tallo, número de hojas, TCA, TCR y biomasa; mientras que el tratamiento 8 (0 % nitrógeno y 100 % micorrizas) es superior en área foliar e índice de área foliar. Por otro lado, cabe recalcar que la interacción nitrógeno\*micorrizas afecta positivamente a la biomasa en estado seco.

- ✓ En cuanto al rendimiento el tratamiento 3 (100 % nitrógeno y 200 % micorrizas) es el más alto (8,3 t/ha), seguido tratamiento 2 (100 % nitrógeno y 100 % micorrizas) con 8 t/ha frente al tratamiento testigo (4,7 t/ha). Por lo tanto, se recomienda el tratamiento 2 ya que se obtiene un rendimiento similar al tratamiento 3 con la diferencia de que en este tratamiento se ahorra 100 % de micorrizas, reduciendo así los costos de producción.
- ✓ En cuanto a la calidad del grano, esta se ve afectada por la interacción nitrógeno\*micorrizas destacándose el tratamiento 8 (0 % nitrógeno y 100 % micorrizas) con 1,56 % de nitrógeno y 10,2 % de proteína.

## **11. RECOMENDACIONES**

- ✓ Realizar investigaciones en diferentes sectores para probar la confiabilidad en los efectos de las micorrizas sobre el rendimiento, composición del grano y la absorción de nitrógeno y de esta manera pueda ser aplicado como una alternativa para los productores además de ser amigable con el ambiente.

- ✓ Realizar un análisis bromatológico de la composición del grano en donde se evalúen macro y micronutrientes.
- ✓ Realizar un estudio microbiológico en el suelo para conocer el incremento o disminución de la cantidad de esporas de micorrizas tratadas con diferentes dosis de nitrógeno.

## 12. BIBLIOGRAFÍA

- Endicott, S., Brueland, B., Keith, R., Schon, R., Bremer, C., Farnham, D., . . . Carter, P. (2015). *Maíz crecimiento y desarrollo*. Obtenido de [https://www.pioneer.com/CMRoot/International/Latin\\_America\\_Central/Chile/Servicios/Informacion\\_tecnica/Corn\\_Growth\\_and\\_Development\\_Spanish\\_Version.pdf](https://www.pioneer.com/CMRoot/International/Latin_America_Central/Chile/Servicios/Informacion_tecnica/Corn_Growth_and_Development_Spanish_Version.pdf)
- Abera, T., Debele, T., & Wegary, D. (29 de noviembre de 2017). Obtenido de <https://www.hindawi.com/journals/ija/2017/4253917/>
- Aguirre, J., Cadena , J., Velazco , M., & Avendaño , C. (2019). *INFLUENCE OF Rhizophagus intraradices (Schenck & Sm.) Walker & Schüßler ON THE YIELD OF MAIZE*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/339/33959375004/html/>
- Alvarez Cornejo, J. S., & Veliz Padilla, R. A. (2014). Obtenido de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/2419/1/T-UCSG-PRE-ESP-CFI-85.pdf>
- Barrer, S. (05 de mayo de 2009). *El uso de hongos micorrizicos arbusculares como una alternativa para la agricultura*. Obtenido de [file:///C:/Users/Usuario/Downloads/El\\_uso\\_de\\_los\\_hongos\\_micorrizicos\\_arbusculares\\_com.pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/El_uso_de_los_hongos_micorrizicos_arbusculares_com.pdf)
- Barrera , J., Cabrales , E., & Sáenz , E. (2017). *Respuesta del maíz híbrido 4028 a la aplicación de enmiendas orgánicas en un suelo de Córdoba - Colombia*. Obtenido de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0121-37092017000200038](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-37092017000200038)
- Barrios, M., & Basso, C. (2018). *Efecto de la fertilización nitrogenada sobre componentes del rendimiento y calidad nutricional del grano de seis híbridos de maíz*. Obtenido de [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1316-33612018000100004](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612018000100004)
- Bawa, A. (13 de diciembre de 2021). *Yield and Growth Response of Maize (Zea mays L.) to Varietal and Nitrogen Application in the Guinea Savanna Agro-Ecology of Ghana*. Obtenido de <https://www.hindawi.com/journals/aag/2021/1765251/>



- Boada , R., & Espinosa, J. (2016). *Factores que limitan el potencial de rendimiento del maíz*. Obtenido de file:///C:/Users/Usuario/Downloads/262-Manuscrito-966-1-10-20180830%20(6).pdf
- Bragado, L., Sacristán, A., & Cedrún, M. (2014). *Efectos de la fertilización nitrogenada en el cultivo de maíz: Comparación de la siembra directa y el laboreo convencional; determinación de*. Obtenido de <https://chil.me/download-doc/132517>
- Bravo, M. (2020). *Evaluación de bioestimulantes como sustitutos parciales de fertilización nitrogenada en producción ecológica de maíz (Zea mays L.)*. Obtenido de <http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/2557/1/TESIS%20Y%20URKUND%20%20BRAVO%20ALCIVAR.pdf>
- Breda, F., Alves, G., Lopez, B., Aragao, A., Araújo, A., & Reis, V. (2019). Inoculation of diazotrophic bacteria modifies the growth rate and grain yield of maize at different levels of nitrogen supply. *Taylor Francis Online*.
- Calva Suárez, J. M. (2019). Obtenido de <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/22935/1/JHULIANA%20MARIBEL%20CALVA%20SUAREZ.pdf>
- Calva, J. (2019). *Evaluación y calibración del modelo de simulación de cultivo DSSAT-CERES MAIZE bajo condiciones andinas*. Obtenido de <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/22935>
- Carlos, Y. (2013). *INIAP-103 "Mishqui Sara"*. Obtenido de <https://repositorio.iniap.gob.ec/jspui/bitstream/41000/2413/1/iniapsc337.pdf>
- Celebi, S., Demir, S., Celebi, R., Durak, E., & Yilmaz, I. (2010). The effect of Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) applications on the silage maize (*Zea mays L.*) yield in different irrigation regimes. *ScienceDirect*.
- Couretot, L., & Gustavo, F. (2007). *Respuesta del maíz a la fertilización complementaria con nitrógeno, zinc, boro y otros nutrientes aplicados por vía foliar*. Obtenido de <https://www.profertil.com.ar/wp-content/uploads/2020/08/respuesta-del-maiz-a-la-fertilizacion-complementaria-con-n-y-zn-20072008.pdf>

- Díaz-Zorita, M. (25 de enero de 2014). Obtenido de <http://www.maizar.org.ar/vertext.php?id=467>
- Eguez , J., & Pintado , P. (2013). *INIAP-103 "Mishqui Sara"*. Obtenido de <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/2342/1/FT3.pdf>
- Elliot, A., Daniell, T., Cameron , D., & Field, K. (03 de enero de 2020). *A commercial arbuscular mycorrhizal inoculum increases root colonization across wheat cultivars but does not increase assimilation of mycorrhiza-acquired nutrients*. Obtenido de <https://nph.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ppp3.10094>
- Estevéz Tapia, A. S. (2017). Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/13746/1/T-UCE-0004-A052-2017.pdf>
- Favere, V., Starnone, N., & Pérez , G. (29 de agosto de 2017). *Fertilización nitrogenada en maíz y lavado de nitratos*. Obtenido de [https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta\\_fertilizacion\\_nitrogenada\\_en\\_maiz\\_y\\_lavado\\_de\\_nitratos\\_1.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_fertilizacion_nitrogenada_en_maiz_y_lavado_de_nitratos_1.pdf)
- Favere, V., Starnone, N., & Perez, G. (2017). *Fertilización nitrogenada en maíz y lavado de nitratos*. Obtenido de <https://inta.gob.ar/documentos/fertilizacion-nitrogenada-en-maiz-y-lavado-de-nitratos>
- Ferrarias, G., Couretot, L., & Toribio, M. (2010). *Pérdidas de nitrógeno por volatilización y su implicancia en el rendimiento del cultivo de maíz en Pergamino (Bs As). Efectos de fuente, dosis y uso de inhibidores*. Obtenido de <http://www.fertilizando.com/articulos/Perdidas-Nitrogeno-por-Volatilizacion.asp>
- Ferraris , G., & Couretot, L. (26 de Julio de 2007). *Evaluación de la inoculación con Micorrizas en Maíz bajo diferentes ambientes de Fertilidad*. Obtenido de <https://www.engormix.com/agricultura/articulos/inoculacion-con-micorrizas-en-maiz-t26702.htm>
- Gao, C., Sawah, A., Ali, D., Hamoud, Y., & Shaghaleh, H. (2020). *La integración de fertilizantes biológicos y orgánicos mejora el crecimiento de las plantas, el rendimiento de granos, la calidad y el metabolismo del maíz híbrido ( Zea mays L.)*. Obtenido de <https://www.mdpi.com/2073-4395/10/3/319>

- Garzón, L. P. (19 de marzo de 2016). Importancia de las micorrizas arbusculares (MA) para un uso sostenible del suelo en la Amazonia Colombiana. *Scielo*. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/luaz/n42/n42a14.pdf>
- Gudelj, V., Vallone, P., Galarza, C., Alegre, J., Donadio, H., & Conde, M. (21 de octubre de 2015). *Evaluación de diferentes formas y momentos de aplicación de nitrógeno en maíz*. Obtenido de <https://inta.gob.ar/documentos/evaluacion-de-diferentes-formas-y-momentos-de-aplicacion-de-nitrogeno-en-maiz>
- Hernández, S. (2016). *Análisis de la fenología e índices de crecimiento de maíz (Zea mays L.) variedad Pionner, Curdn-Armero Tolima*. Obtenido de [https://www.researchgate.net/profile/Brahiam-Stiven-Gaviria-Hernandez/publication/322477901\\_ANALISIS\\_DE\\_LA\\_FENOLOGIA\\_E\\_INDICES\\_DE\\_CRECIMIENTO\\_DE\\_MAIZ\\_Zea\\_Mays\\_1\\_VARIEDAD\\_PIONEER\\_CURDN-ARMERO\\_TOLIMA/links/5a5a7a9aa6fdcc3bfb5f61f5/ANALISIS-DE-LA-FENOLOGIA-E](https://www.researchgate.net/profile/Brahiam-Stiven-Gaviria-Hernandez/publication/322477901_ANALISIS_DE_LA_FENOLOGIA_E_INDICES_DE_CRECIMIENTO_DE_MAIZ_Zea_Mays_1_VARIEDAD_PIONEER_CURDN-ARMERO_TOLIMA/links/5a5a7a9aa6fdcc3bfb5f61f5/ANALISIS-DE-LA-FENOLOGIA-E)
- INEC-ESPAC. (2018). *Instituto Nacional de Estadística y Censos, Ministerio de Agricultura y Ganadería MAG*. Obtenido de <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/cifras-agroproductivas>
- INIAP. (2011). *Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias- Estación Experimental del Austro*. Obtenido de <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/2317/1/BD406.pdf>
- INIAP. (2013). *Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias- Estación Experimental del Austro*. Obtenido de <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/2342/1/FT3.pdf>
- INIAP. (2014). *Nutrición en maíz suave*. Obtenido de <http://tecnologia.iniap.gob.ec/index.php/explore-2/mcereal/rmaizs>
- INIFAP. (2012). *Introducción al uso y manejo de los biofertilizantes en la agricultura*. Celaya, Guanajuato, México: Aguado Gerardo .
- Izquierdo, R. (Enero de 2012). Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1832/15/UPS-YT00102.pdf>

- Izquierdo, R. (Enero de 2012). *Evaluación del cultivo de maíz (Zea mays) , como complemento a la alimentación de bovinos de leche en épocas de escasez de alimento Cayambe-Ecuador*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1832/15/UPS-YT00102.pdf>
- Jiménez, V., Sánchez, L., Ramírez, L., & Luisa, N. (2017). Fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio en el rendimiento de tres variedades de maíz. . *Revista de Energía Química y Física*.
- Linares, C., & García, M. (2004). *Uso, manejo y conservación de suelos*. Obtenido de <http://repositorio.geotech.cu/xmlui/bitstream/handle/1234/3459/Uso%2C%20manejo%20y%20conservaci%C3%B3n%20de%20suelos.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Lopez, J., & Sereno, G. (18 de Enero de 2016). *Uso y Manejo de las Micorrizas: Nutrición Vegetal*. Obtenido de <https://www.engormix.com/agricultura/articulos/uso-manejo-micorrizas-nutricion-t32321.htm>
- Martín, G., & Rivera, R. (02 de abril de 2002). *Participación del nitrógeno de los abonos verdes en la nutrición nitrogenada del maíz (Zea mays L.) cultivado sobre un suelo ferralítico rojo*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193218120014.pdf>
- Maxwell, R. (2016). *Ciclo nitrogeno CICEANA*. Obtenido de [https://www.academia.edu/8385790/Ciclo\\_nitrogeno\\_CICEANA](https://www.academia.edu/8385790/Ciclo_nitrogeno_CICEANA)
- Melgarejo, L. (2010). *Experimentos en fisiología vegetal. Universidad Nacional de Colombia*. Obtenido de <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/11144/Experimentos%20en%20Fisiolog%c3%ada%20Vegetal%209789587196689.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Moncayo, M. (2015). *Determinación de la coinoculación co hongos micorrízicos y bacterias diazotróficas en maíz bajo invernadero*. Obtenido de <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/10047/1/TESIS%20MARLENE%20AVILA%20AGRONOMIA.pdf>
- Montejo , D., Casanova , F., García , M., Oros, I., Díaz , V., & Morales, E. (2018). *Respuesta foliar y radical del maíz a la fertilización biológica-química en un suelo Luvisol*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/437/43755165008/html/>

- Moreno, J., & Pintado, P. (2011). *Guía para la Producción de Maíz en la Sierra Sur del Ecuador*.  
Obtenido de <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/2317/1/BD406.pdf>
- Naranjo, J. (2016). Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/13985/1/Naranjo%20Tobar%20Joselyn%20Jazm%c3%adn.pdf>
- Navarrete, E., Acosta, E., Mora, X., & Suarez, M. (2020). Efecto de fertilización nitrogenada en maíz (*Zea mays* L.) sobre poblaciones de hongos micorrízicos, en Babahoyo. *Revistas.utb.edu.ec*.
- Navarro, G., & Navarro, S. (2013). *Química agrícola: química del suelo y de los nutrientes esenciales para las plantas*. Mundi-Prensa Libros.
- Ordoñez, Y., Ceballos, I., Rodríguez, A., & Sanders, I. (24 de abril de 2021). *Efecto de la inoculación con *Rhizophagus irregularis* y de la fertilización fosfatada sobre la comunidad local de hongos formadores de micorrizas arbusculares*. Obtenido de <https://revistas.unicauca.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/1850/1516>
- Ortigoza Javier, L. C. (2019). *Guía Técnica Cultivo de Maíz*. Obtenido de [https://www.jica.go.jp/paraguay/espanol/office/others/c8h0vm0000ad5gke-att/gt\\_04.pdf](https://www.jica.go.jp/paraguay/espanol/office/others/c8h0vm0000ad5gke-att/gt_04.pdf)
- Ortigoza, J., López, C., & Gonzalez, J. (2019). *Guía Técnica Cultivo de Maíz*. Obtenido de [https://www.jica.go.jp/paraguay/espanol/office/others/c8h0vm0000ad5gke-att/gt\\_04.pdf](https://www.jica.go.jp/paraguay/espanol/office/others/c8h0vm0000ad5gke-att/gt_04.pdf)
- Paliwal. (2010). *El maíz en los Tropicó Mejoramiento y Producción* . Obtenido de <https://curlacavunah.files.wordpress.com/2010/04/el-maiz-en-los-tropicos.pdf>
- PanReac AppliChem. (22 de enero de 2018). *Determinación de Nitrógeno por el Método Kjeldahl*. Obtenido de [https://www.itwreagents.com/uploads/20180122/A173\\_ES.pdf](https://www.itwreagents.com/uploads/20180122/A173_ES.pdf)
- Perez , H. (2011). Obtenido de <http://elmaizdelzulia.blogspot.com/2011/02/morfologia-de-la-planta-de-maiz.html>
- Quishpe, B. (2010). *Evaluación de la producción de dos variedades experimentales en etapa fenológica (choclo) y seco, del maíz (*Zea mays*) de grano blanco harinoso y un híbrido* . Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/4740/1/UPS-CT001979.pdf>

- Ricalde, S., Montaña, N., Mera, C., & Arias, S. (01 de Julio de 2012). *Micorrizas: una gran unión debajo del suelo* . Obtenido de <http://www.revista.unam.mx/vol.13/num7/art72/#up>
- Rubio, C. (2016). *Pérdidas de nitrógeno en el suelo*. Obtenido de [http://www.agronotas.es/A55CA3/Agronotas.nsf/v\\_postid/6C83ADD63727E748C1257B42006CD264](http://www.agronotas.es/A55CA3/Agronotas.nsf/v_postid/6C83ADD63727E748C1257B42006CD264)
- Ruiz, D. (Mayo de 2010). *COMPORTAMIENTO DE VARIABLES DE CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO EN MAÍZ (Zea mays L.)*. Obtenido de <https://repositorio.una.edu.ni/2090/1/tnf01b647.pdf>
- Sagan-Gea. (2010). Obtenido de <http://www.sagan-gea.org/>
- Sánchez, I. (2014). Aspectos botánicos y taxonomicos del maíz.
- Selassie, Y. (2015). *El efecto de las tasas de fertilizante nitrogenado en los parámetros agronómicos, los componentes del rendimiento y los rendimientos del maíz cultivado en Alfisoles del noroeste de Etiopía*. Obtenido de <https://environmentalsystemsresearch.springeropen.com/articles/10.1186/s40068-015-0048-8>
- Selassie, Y. (2015). *The effect of N fertilizer rates on agronomic parameters, yield components and yields of maize grown on Alfisols of North-western Ethiopia*. Obtenido de <https://environmentalsystemsresearch.springeropen.com/articles/10.1186/s40068-015-0048-8>
- Stoffel, S., Soares, R., Meyer, E., Lovato, P., & Giachini, A. (2020). Aumento del rendimiento de maíz inoculados con un inoculante micorrízico arbuscular comercial en Brasil. *SciELO*.
- Suarez, M. (2020). Obtenido de <https://revistas.utb.edu.ec/index.php/sr/article/view/1003/703>
- Uhart, S. (01 de 01 de 1998). *El rol del nitrógeno y del fósforo en la producción de maíz*. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/311715308\\_El\\_rol\\_del\\_nitrogeno\\_y\\_del\\_fosforo\\_en\\_la\\_produccion\\_de\\_maiz](https://www.researchgate.net/publication/311715308_El_rol_del_nitrogeno_y_del_fosforo_en_la_produccion_de_maiz)

- Valdés, F., Abarca, C., Colombo, P., & Silvani, V. (2011). *Micorrizas arbusculares*. Obtenido de file:///C:/Users/Usuario/Downloads/1504-3-4845-1-10-20200702%20(1).pdf
- Villafaña, T., Morales, E., Campuzano, G., & Martínez, C. (2014). *Determinantes ecofisiológicos del rendimiento en tres cultivares de trigo en función y fraccionamiento del nitrógeno\**. Obtenido de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-09342014000300006](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342014000300006)
- Villaseca, S. (1987). *Requerimientos de suelo y clima del maíz*. Obtenido de <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/IPA/NR05871.pdf>
- Yáñez, C., Velasquez, J., Peñaherrera, D., Zambrano, L., Calcedo, M., Heredia, J., . . . Quimbita, A. (2010). *Guía de Producción de Maíz de Altura*. Obtenido de <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/2440/1/iniapscg96.pdf>
- Yáñez, C. (2013). *INIAP-103 "Mishqui Sara"*. Obtenido de <https://repositorio.iniap.gob.ec/jspui/bitstream/41000/2413/1/iniapsc337.pdf>
- Yanez, C., Zambrano, J., Caicedo, M., & Heredia, J. (2013). *Guía de Producción de maíz para pequeños agricultores y agricultoras*. Obtenido de file:///C:/Users/Usuario/Downloads/iniapscg96%20(3).pdf
- Yang, Q., Zheng, F., Jia, X., Liu, P., Dong, S., Zhang, J., & Zhao, B. (06 de Abril de 2020). *La aplicación combinada de fertilizantes orgánicos e inorgánicos aumenta la materia orgánica del suelo y mejora el microambiente del suelo en el campo de trigo y maíz*. Obtenido de <https://link.springer.com/article/10.1007/s11368-020-02606-2>

### 13. ANEXOS

#### Anexo 1. Análisis de suelo donde se desarrolló el experimento.



**ESTACIÓN EXPERIMENTAL DEL LITORAL SUR**  
**"DR. ENRIQUE AMPUERO PAREJA"**  
**LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS**  
Km. 26 Vía Durán - Tumbaco Acosta - Postal: 09-01-7069 Yaguachi - Guayas - Ecuador  
 Teléfono: 042724260 - 042724119 e-mail: lab.suelos.eels@iniap.gob.ec

**INFORME DE ANALISIS DE SUELOS**

DATOS DEL PROPIETARIO		DATOS DE LA PROPIEDAD		DATOS DE LA MUESTRA	
Nombre : JHULIANA CALVA	Nombre : N/E	Informe No. : 21549	Factura No. : 05641		
Dirección : N/E	Provincia : LOJA	Responsable Muestreo : Cliente	Fecha Análisis : 03/10/2018		
Ciudad : N/E	Cantón : LOJA	Fecha Muestreo : 14/05/2018	Fecha Emisión : 05/10/2018		
Teléfono : N/E	Parroquia : LOJA	Fecha Ingreso : 18/05/2018	Fecha Impresión : 05/10/2018		
Fax : N/E	Ubicación : N/E	Condiciones Ambientales : T°C: 23.0 %H: 56.0	Cultivo Actual : BARBECHO		

N° Laborat.	Identificación del Lote	pH	ug/ml											
			* NH <sub>4</sub>	* P	K	* Ca	* Mg	* S	* Zn	Cu	* Fe	* Mn	* B	* Cl
68629	LOJA	4.8 NAc RC	25 M	17 M	103 M	375 B	118 B	10 B	3.3 M	5.2 A	313 A	34.0 A	0.50 B	

Interpretación	pH	
NH <sub>4</sub> , P, K, Ca, Mg, S	SAO = Muy Acido	N = Neutro
Zn, Cu, Fe, Mn, B, Cl	AC = Acido	LAI = Lig. Alcalino
B = Bajo	MAc = Med. Acido	MAc = Med. Alcalino
M = Medio	LAI = Lig. Alcali	AL = Alcalino
A = Alto	PH = Proc. Neutro	RC = Resquebraj

Deficiencias	Metodología	Extracción
NH <sub>4</sub> , P	Cobresión	Distil
K, Ca, Mg	Alcalina	Multibato
Zn, Cu, Fe, Mn	Alcalina	pn.B
S	Turbidimetría	Fosfato de Ca
B	Cromatografía	Microdifusión
Cl	Volumétrica	Fotómetro
pH	Potenciometría	Med. agua (1:2.5)

Niveles de Referencia Óptimos			
Medio (ug/ml)			
NH <sub>4</sub> : 20 - 40	Fe : 20 - 40		
P : 10 - 20	Mn : 5 - 15		
K : 18 - 100	S : 5.0 - 1.5		
Ca : 800 - 1000	Cl : 17 - 54		

N/E = No entregado  
 <L.C = Menor al Límite de Cuantificación  
 Los resultados emitidos en este informe, corresponden únicamente a la(s) muestra(s) sometida(s) al ensayo  
 Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de acreditación otorgado al CAE.  
 Las siglas, interpretaciones, etc. que se indican a continuación, están fuera del alcance de acreditación solicitado al CAE  
 \*\* Ensayo subcontratado  
 Se prohíbe la reproducción parcial, si se va a copiar que sea en su totalidad

  
 Responsable Técnico del Laboratorio  
**Mgs. Diana Acosta J.**

Página 1 de 2





**ESTACIÓN EXPERIMENTAL DEL LITORAL SUR**  
**"DR. ENRIQUE AMPUERO PAREJA"**  
**LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS**  
 Km. 26 Vía Durán - Tambo Apdo. Postal 09-01-7099 Yaguachi - Guayas - Ecuador  
 Teléfono: 042724260 - 042724119 e-mail: labsuelos.eeis@inap.gob.ec

**INFORME DE ANALISIS DE SUELOS**

DATOS DEL PROPIETARIO		DATOS DE LA PROPIEDAD		DATOS DE LA MUESTRA			
Nombre :	JHULIANA CALVA	Nombre :	N/E	Informe No. :	21549	Factura No. :	05641
Dirección :	N/E	Provincia :	LOJA	Responsable Muestreo :	Cliente	Fecha Análisis :	03/10/2018
Ciudad :	N/E	Cantón :	LOJA	Fecha Muestreo :	14/09/2018	Fecha Emisión :	05/10/2018
Teléfono :	N/E	Parroquia :	LOJA	Fecha Ingreso :	18/09/2018	Fecha Impresión :	05/10/2018
Fax :	N/E	Ubicación :	N/E	Condiciones Ambientales :	T°C:23.0 %H:56.0	Cultivo Actual :	BARBECHO

N° Laborat.	Identificación	* Textura (%)			* Clase Textural			meq/100ml			mS/cm (%)			meq/100ml			Ca	Mg	Ca+Mg						
		Arena	Limo	Arcilla				*Al+H	* Al	* Na	C.E.	* M.O.	K	* Ca	* Mg	Σ Bases	Mg	K	K						
88629	LOJA										1.50	B	0.26	M	1.88	B	0.97	B	3.11	1.93	B	3.68	M	10.78	B

Abreviaturas	
Al = Aluvial	NS = No Salino
LT = Ligeros, Tóxico	LS = Lq. Salino
T = Tóxico	S = Salino
	MS = Muy Salino

Abreviaturas	
C.E. Conductividad Eléctrica	
M.O. Materia Orgánica	
C.C. Capacidad de Intercambio Catiónico	

Descripción	Metodología	Entrenamiento
M.O.	Walkley Black	Urbano de S
C.C.		Asociado de América
Na		Cloruro de Bario
C.E.	Botado de pasta calzada	Figura

Liq. Límite meq/100ml	Liq. Límite (dpm)	Rendimiento de Referencia		Liq. Límite meq/100ml
		Meq/L	Meq/L	
Al+H 0.21 - 1.5	C.E. 2.5 - 4.2	Ca/Mg 2.0 - 8.0	K 0.2 - 6.4	
Al 0.21 - 1.0	Meq/L	Mg/K 2.5 - 10.0	Ca 4 - 8	
Na 0.5 - 1.0	M.O. 3.1 - 6.0	Ca+Mg+K 12.4 - 60.0	Mg 1 - 2	

NE = No entregado

<LC = Menor al Límite de Cuantificación

Los resultados emitidos en este informe, corresponden únicamente a la(s) muestra(s) sometida(s) al ensayo.

Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de acreditación solicitado al OAE.

Las opiniones, interpretaciones, etc. que se indican a continuación, están fuera del alcance de acreditación solicitado al OAE.

\*\* Ensayo subcontratado.

Se prohíbe la reproducción parcial, si se va a copiar que sea en su totalidad

Responsable Técnico del Laboratorio

Mgs. Diana Acosta J.

**Anexo 2. Fotografías**



**Figura 1.** Preparación del terreno



**Figura 2.** Siembra de maíz blanco INIAP 103



**Figura 3.** Toma de datos de altura



**Figura 4.** Toma de datos de diámetro del tallo



**Figura 5.** Cosecha de maíz blanco



**Figura 6.** Peso de 1000 granos

**Anexo 3.** Número de mazorcas por parcela.

**Tabla 12.** Número de mazorcas por parcela

<b>Tratamiento</b>	<b>N.º mazorcas</b>
1- 100N-0M	26 <sup>ab</sup>
2- 100N-100M	37 <sup>b</sup>
3- 100N-200M	33 <sup>ab</sup>
4- 50N-0M	31 <sup>ab</sup>
5- 50N-100M	32 <sup>ab</sup>
6- 50N-200M	26 <sup>ab</sup>
7- 0N-0M	24 <sup>a</sup>
8- 0N-100M	27 <sup>ab</sup>
9- 0N-200M	26 <sup>ab</sup>

*Nota.* Letras diferentes en sentido vertical indican diferencia estadística significativa ( $P$ -valor  $<0,05$ )



**Anexo 4.** Certificado del tribunal de grado

**CERTIFICADO DEL TRIBUNAL DE GRADO**

Una vez cumplida la reunión del tribunal de calificación del trabajo final de tesis titulado: **“Efecto de dosis de nitrógeno y micorrizas en el rendimiento y composición del grano de maíz blanco variedad INIAP-103 en condiciones del sector La Argelia de la ciudad de Loja”** de autoría de la srt. Erika Lizbeth Macas Camacho, egresada de la carrera de Ingeniería Agronómica.

En tal virtud, nos permitimos certificar que, en el trabajo final consolidado de investigación, se ha incorporado las sugerencias efectuadas por los miembros del tribunal y esta acorde con los requerimientos de la carrera de Ingeniería Agronómica de la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, por lo tanto, se procede a la aprobación y calificación del trabajo de tesis, y se autoriza continuar con los trámites pertinentes.

Loja, 20 de mayo del 2022

PhD Tulio Fernando Solano Castillo

**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

Mg.Sc. Paulina Vanesa Fernández Guarnizo

**VOCAL**

Mg.Sc. PhD Marlene Molina Müller

**VOCAL**

**Anexo 5.** Certificado de traducción del Abstract

Loja, 24 de mayo de 2022

**A quien corresponda.**

Yo, Edgar Paul León Picoíta Licenciado en Ciencias de la Educación en la Especialidad de:  
Idioma Inglés

**Certifico:**

Que he traducido minuciosamente el Resumen del Trabajo de Titulación titulado: "EFECTO DE DOSIS DE NITRÓGENO Y MICORRIZAS EN EL RENDIMIENTO Y COMPOSICIÓN DEL GRANO DE MAÍZ BLANCO VARIEDAD INIAP-103 EN CONDICIONES DEL SECTOR LA ARGELIA DE LA CIUDAD DE LOJA", de autoría de la estudiante Erika Lizbeth Macas Camacho, previa a la obtención del título de Ingeniera Agrónoma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, autorizando al interesado, hacer uso del presente en lo que estime conveniente.



Lic. Edgar Paul León Picoíta

**LICENCIADO EN CIENCIAS DE LA EDUCACION EN LA ESPECIALIDAD DE:  
IDIOMA INGLÉS  
C.I.: 1104548472  
Cel.: 0980033320**