

UNIVERSIDAD DE PANAMÁ  
VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSTGRADO  
CENTRO REGIONAL UNIVERSITARIO DE LOS SANTOS

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA SOSTENIBLE

EVALUACIÓN DEL USO DE BIOFERTILIZANTES SOBRE EL RENDIMIENTO DE  
CAMOTE (*Ipomoea batata L.*) EN LA PROVINCIA DE LOS SANTOS.

ALEX LEONARDO VARGAS BENAVIDES

CIP: 7.709-1150

TESIS PRESENTADA COMO UNO DE LOS REQUISITOS PARA OBTENER EL  
GRADO DE MAGISTER EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA SOSTENIBLE

PANAMÁ, REPÚBLICA DE PANAMÁ

2023

ST  
EVALUACIÓN DEL USO DE BIOFERTILIZANTES SOBRE EL RENDIMIENTO DE  
CAMOTE (*Ipomoea batata* L.) EN LA PROVINCIA DE LOS SANTOS.

02 JUN 2023  
TRABAJO DE GRADUACIÓN SOMETIDO PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
MAESTRÍA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN PRODUCCIÓN  
AGRÍCOLA SOSTENIBLE

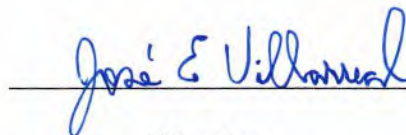
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

DEPARTAMENTO DE POSTGRADO Y MAESTRÍA

PERMISO PARA SU PUBLICACIÓN, REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL  
DEBE SER OBTENIDA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

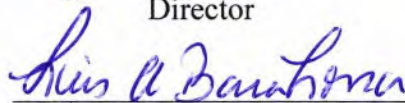
APROBADO

AUTOR  
José E. Villarreal N., Ph.D.



Director

DEL  
Luis Alberto Barahona Amores, MSc.



Asesor

DE  
Arturo Batista, MSc.



Asesor

06 se quio  
LAS TABLAS, LOS SANTOS  
REPÚBLICA DE PANAMÁ

2023

## DEDICATORIA

El presente documento se lo dedico primeramente a Dios que siempre me ha acompañado en mi vida y mis actuaciones, de igual manera a mi familia que siempre me alienta a continuar en el desarrollo profesional de mi carrera y me brinda todo su apoyo incondicional al igual que mi novia Elida, quien ha sabido inspirarme a esforzarme cada día más.

## AGRADECIMIENTO

Me gustaría agradecerle a mis profesores de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano quienes fomentaron en mi la pasión por la investigación científica, me apoyaron en el desarrollo de mis capacidades técnicas, de igual forma a los profesores de la Maestría en Producción Agrícola Sostenible del CRU Los Santos por inspirarme a continuar con la visión científica que siempre debe perdurar en nosotros ingenieros agrónomos.

De igual forma darle mi agradecimiento eterno a mi familia y mis seres queridos por siempre brindarme su aliento para continuar en el camino de ésta maestría y respaldarme incondicionalmente para culminarla, sin ustedes nada sería posible.

# ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA .....	i
AGRADECIMIENTO .....	ii
ÍNDICE GENERAL .....	iii
ÍNDICE DE CUADROS .....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xi
RESUMEN .....	1
ABSTRACT .....	2
Introducción .....	3
Objetivos.....	5
Objetivo General .....	5
Objetivos Específicos.....	5
I.    Revisión de Literatura.....	6
1.    Producción Mundial de Camote .....	6
2.    Producción de Camote en América .....	8
3.    Producción de Camote en Panamá .....	9
4.    Características de la variedad de camote Tainung-66 .....	9
5.    Biofertilizantes y su función en cultivos .....	10
6.    Absorción de Nutrientes y Fisiología del Camote .....	12

7. Calidad Post Cosecha del Camote .....	14
II. Materiales y Métodos .....	15
Localización Geográfica .....	15
Material Genético.....	17
Características Edáficas .....	18
Tratamientos.....	20
Arreglo en Campo y Manejo.....	20
Muestreo en Campo .....	22
Índice de vegetación normalizada de diferencia, con un sensor portátil	
GreenSeeker™ (NDVI).....	22
<b>Número de Raíces Reservantes por planta</b> .....	23
<b>Número de Raíces Reservantes Comerciales por planta</b> .....	23
<b>Peso de Raíces Reservantes por planta</b> .....	23
<b>Peso Promedio de Raíces Reservantes</b> .....	23
<b>Número de Raíces Reservantes por hectárea</b> .....	23
<b>Número de Raíces Reservantes Comerciales por hectárea</b> .....	24
<b>Forma de Raíces Reservantes</b> .....	24
<b>Rendimiento</b> .....	24
Análisis de Laboratorio .....	25
Análisis de Presupuesto Parcial.....	32

Análisis Estadístico .....	32
VARIABLES DE ESTUDIO .....	34
III. Resultados y Discusión.....	35
Forma de Raíz Reservante .....	35
Análisis de correlación de Pearson .....	37
Análisis de Varianza .....	38
Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) .....	38
Temperatura de Cultivo (T° Cultivo) .....	40
Raíces Totales por Planta .....	41
Raíces comerciales por plantas.....	43
Peso Promedio de Raíces total .....	45
Peso Promedio de Raíz Comercial .....	46
Número de Raíces por hectárea.....	48
Número de Raíces por hectárea (comerciales) .....	50
Biomasa .....	51
Rendimiento total .....	53
Rendimiento Comercial.....	55
<b>Índice de Cosecha</b> .....	56
Nitrógeno Foliar .....	58

Fósforo Foliar .....	59
Potasio Foliar.....	61
Extracción de Nitrógeno en raíz reservante.....	62
Extracción de Fósforo en raíz reservante .....	63
Extracción Potasio en raíz reservante.....	65
Extracción de Nitrógeno total.....	67
Extracción de Fósforo total .....	68
<b>Extracción de Potasio total .....</b>	<b>69</b>
Análisis de Componentes Principales .....	71
Variables de Producción.....	71
Variables de Extracción de Nutrientes .....	73
Análisis de Presupuesto Parcial .....	75
Tasa de Retorno Marginal.....	76
IV.    Conclusiones y Recomendaciones.....	77
Conclusiones .....	77
Recomendaciones.....	77
V.    Referencias .....	78



## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Fertilidad del suelo en la parcela de Loma Larga, Los Santos. 2020. ....	19
Cuadro 2. Características físico-químicas del suelo en el ensayo de absorción de nutrientes.....	19
Cuadro 3. Descripción de los tratamientos evaluados. ....	20
Cuadro 4. Análisis de Chi-Cuadrado para la variable forma de raíz reservante.....	35
Cuadro 5. Análisis de Frecuencia Relativa para la variable Forma de Raíz.....	35
Cuadro 6. Análisis de correlación Pearson para las variables de estudio.....	37
Cuadro 7. Análisis de la Varianza (SC tipo III) para la variable Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada ( $\alpha$ 0.05). ....	39
Cuadro 8. Análisis de la Varianza (SC tipo III) para la variable Temperatura de Cultivo ( $\alpha \leq 0.05$ ). ....	40
Cuadro 9. Prueba de Separación de Medias de Duncan (Alfa=0.05) para la variable Temperatura de Cultivo. ....	41
Cuadro 10. Análisis de la Varianza (SC tipo III) para la variable Raíces Totales por Planta ( $\alpha \leq 0.05$ ). ....	42
Cuadro 11. Análisis de la Varianza (SC tipo III) para la variable Raíces comerciales por Planta ( $\alpha \leq 0.05$ ). ....	44
Cuadro 12. Prueba de Separación de Medias de Duncan (Alfa=0.05) para la variable Raíces comerciales por plantas. ....	44
Cuadro 13. Análisis de la Varianza (SC tipo III) para la variable Peso Promedio de Raíces total ( $\alpha \leq 0.05$ ). ....	45

Cuadro 14. Análisis de la Varianza (SC tipo III) para la variable Peso Promedio de Raíz Comercial ( $\alpha \leq 0.05$ ).....	47
Cuadro 15. Prueba de Separación de Medias de Duncan (Alfa=0.05) para la variable Peso Promedio de Raíz Comercial. ....	47
Cuadro 16. Análisis de la Varianza (SC tipo III) para la variable Número de Raíces por hectárea ( $\alpha \leq 0.05$ ). ....	48
Cuadro 17. Análisis de la Varianza (SC tipo III) para la variable Número de Raíces Comerciales por hectárea ( $\alpha \leq 0.05$ ).....	50
Cuadro 18. Prueba de Separación de Medias de Duncan (Alfa=0.05) para la variable Número de Raíces Comerciales por hectárea. ....	51
Cuadro 19. Análisis de la Varianza (SC tipo III) para la variable Biomasa ( $\alpha \leq 0.05$ ). ....	52
Cuadro 20. Análisis de la Varianza (SC tipo III) para la variable Rendimiento Total (alfa 0.05). ....	53
Cuadro 21. Análisis de la Varianza (SC tipo III) para la variable Rendimiento Comercial. ....	55
Cuadro 22. Prueba de Separación de Medias de Duncan (Alfa=0.05) para la variable Rendimiento Comercial. ....	56
Cuadro 23. Análisis de la Varianza (SC tipo III) para la variable Índice de Cosecha ( $\alpha \leq 0.05$ ). ....	57
Cuadro 24. Análisis de la Varianza (SC tipo III) para la variable Nitrógeno Foliar ( $\alpha \leq 0.05$ ). ....	58
Cuadro 25. Prueba de Separación de Medias de Duncan (Alfa=0.05) para la variable Nitrógeno Foliar.....	58

Cuadro 26. Análisis de la Varianza (SC tipo III) para la variable Fósforo Foliar ( $\alpha \leq 0.05$ ). .....	59
Cuadro 27. Análisis de la Varianza (SC tipo III) para la variable Potasio Foliar ( $\alpha \leq 0.05$ ). .....	61
Cuadro 28. Prueba de Separación de Medias de Duncan (Alfa=0.05) para la variable Potasio Foliar. ....	62
Cuadro 29. Análisis de la Varianza (SC tipo III) para la variable Nitrógeno en raíz reservante ( $\alpha \leq 0.05$ ). ....	62
Cuadro 30. Análisis de la Varianza (SC tipo III) para la variable Fósforo en raíz reservante ( $\alpha \leq 0.05$ ). ....	64
Cuadro 31. Prueba de Separación de Medias de Duncan (Alfa=0.05) para la variable Extracción de Fósforo en Raíz Reservante. ....	64
Cuadro 32. Análisis de la Varianza (SC tipo III) para la variable Potasio en raíz reservante ( $\alpha \leq 0.05$ ). ....	65
Cuadro 33. Análisis de la Varianza (SC tipo III) para la variable Extracción de Nitrógeno total ( $\alpha \leq 0.05$ ). ....	67
Cuadro 34. Prueba de Separación de Medias de Duncan (Alfa=0.05) para la variable Nitrógeno total. ....	68
Cuadro 35. Análisis de la Varianza (SC tipo III) para la variable Extracción de Fósforo total ( $\alpha \leq 0.05$ ). ....	68
Cuadro 36. Análisis de la Varianza (SC tipo III) para la variable Extracción de Potasio total ( $\alpha \leq 0.05$ ). ....	70

Cuadro 37. Prueba de Separación de Medias de Duncan (Alfa=0.05) para la variable Extracción de Potasio total. ....	70
Cuadro 38. Análisis de Retorno Marginal de los tratamientos. ....	76

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Morfología de la planta de Camote (I.batatas). Fuente: Huamán (1992).....	13
Figura 2. Ubicación geográfica de la Evaluación del uso de biofertilizantes sobre el rendimiento de camote (Ipomoea batatas L.) en la región de Azuero. (Fuente: Luis A. Barahona A.).....	15
Figura 3. Ubicación geográfica de la evaluación del uso de biofertilizantes sobre el rendimiento de camote (Ipomoea batatas L.) en la región de Azuero, según la zona de vida de Holdridge (1967). (Fuente: Luis A. Barahona A.).....	16
Figura 4. Pulpa de raíz reservante de camote (I. batatas) cv. Tainung-66. (Foto: Alex Vargas).....	17
Figura 5. Raíces reservantes de camote (I. batatas) cv. Tainung-66. Foto: Alex Vargas..	18
Figura 6. Vista aérea de las unidades experimentales del ensayo. ....	21
Figura 7. Toma de Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) utilizando el instrumento GreenSeeker®.....	22
Figura 8. Molino utilizado en el proceso de preparación de las muestras para análisis. ...	25
Figura 9. Analizador automatizado según metodología Kjeldahl. ....	27
Figura 10. Proceso de mineralización vía húmeda. ....	28
Figura 11. Proceso de filtrado con carbón activado de muestras. ....	29
Figura 12. Muestras digeridas.....	29
Figura 13. Instrumento Espectrofotómetro UV/VIS 680 nm para determinación de fósforo.....	30

Figura 14. Instrumento Espectrofotómetro de absorción atómica mediante técnica de llama para determinación de potasio. ....	31
Figura 15. Formas de las raíces reservantes de camote (I. batatas) (Huamán, 1992).....	36
Figura 16. Prueba de Separación de Medias de Duncan (Alfa=0.05) para la variable NDVI. ....	39
Figura 17. Prueba de Separación de Medias de Duncan (Alfa=0.05) para la variable Número de raíces por planta (Totales).....	43
Figura 18. Prueba de Separación de Medias de Duncan (Alfa=0.05) para la variable Peso promedio de raíz (Total). ....	46
Figura 19. Prueba de Separación de Medias de Duncan (Alfa=0.05) para la variable Número de raíces por hectárea (Totales). ....	49
Figura 20. Prueba de Separación de Medias de Duncan (Alfa=0.05) para la variable Biomasa. ....	52
Figura 21. Prueba de Separación de Medias de Duncan (Alfa=0.05) para la variable Rendimiento (Total).....	54
Figura 22. Prueba de Separación de Medias de Duncan (Alfa=0.05) para la variable Índice de Cosecha (IC). ....	57
Figura 23. Prueba de Separación de Medias de Duncan (Alfa=0.05) para la variable Extracción de fósforo (foliar). ....	60
Figura 24. Prueba de Separación de Medias de Duncan (Alfa=0.05) para la variable Extracción de nitrógeno (raíz). ....	63
Figura 25. Prueba de Separación de Medias de Duncan (Alfa=0.05) para la variable Extracción de potasio (raíz). ....	66

Figura 26. Prueba de Separación de Medias de Duncan (Alfa=0.05) para la variable Extracción de fósforo (total).....	69
Figura 27. Gráfica biplot del Análisis de Componentes Principales para las variables de producción. ....	72
Figura 28. Gráfica biplot del Análisis de Componentes Principales para las variables de extracción de nutrientes. ....	74
Figura 29. Curva de Beneficios Netos de los tratamientos.....	75

# EVALUACIÓN DEL USO DE BIOFERTILIZANTES SOBRE EL RENDIMIENTO DE CAMOTE (*Ipomoea batata L.*) EN LA PROVINCIA DE LOS SANTOS.

## RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se tuvo como objetivo la determinación del efecto en el rendimiento y la calidad de camote en la provincia de Los Santos, Panamá; según la implementación de micorrizas arbusculares y bacterias nitrificantes, se realizó un estudio bajo condiciones de riego por goteo, donde se utilizaron tratamientos comerciales, sin fertilización y donde se aplicó micorrizas, bacterias y ambas, durante el ciclo agrícola de 2020. Se utilizó la variedad Tainung-66. Las parcelas constaron de un área de 16.2 m<sup>2</sup>, y la densidad de siembra fue de 37,037 plantas/hectárea. Se realizaron muestreos previos a la floración y en la etapa de madurez comercial en cosecha con 4 repeticiones. Las muestras se basaron en raíces reservantes y follajes, analizadas para determinar la absorción de nutrientes, rendimiento y calidad. El análisis de varianza para la variable NDVI mostró diferencias altamente significativas entre los tratamientos, siendo superior en las plantas inoculadas con ambos biofertilizantes en conjunto. El peso promedio de raíces reservantes comerciales por planta mostró diferencias estadísticas altamente significativas, siendo superior el de las plantas inoculadas con bacterias nitrificantes del género *Azospirillum*; de igual manera el tratamiento donde se implementaron ambos biofertilizantes presentó una tasa de retorno marginal por su implementación superior a los demás tratamientos con lo cual económicamente supone una alternativa viable para la producción sostenible del cultivo de camote.



## ABSTRACT

The goal of this research is to compare the advantage of applying arbuscular mycorrhizae and nitrifying bacteria to the sweet potato crop. The research was made in the province of Los Santos, Panamá, during the agricultural cycle of 2020. A study was carried out under drip irrigation conditions, where commercial treatments were used, without fertilization and where mycorrhizae, bacteria and both were applied. The Tainung-66 variety was used, plots covered an area of 16.2 sq. meters and a density of 37,037 plants per hectare. Samples were taken based on storage roots and foliage before plant blooming and in commercial maturity, analyzed to determine the absorption of nutrients, yield and quality. The variance analysis for the NDVI revealed significant differences between treatments, being higher with plants inoculated with both biofertilizers. The average weight were highly significant in plants inoculated with nitrifying bacteria *Azospirillum*; In the same way, the treatment were both biofertilizers were used presented a marginal rate of return for its implementation superior to the other treatments, which economically represents a viable alternative for the sustainable production of sweet potato cultivation.

## Introducción

El camote (*Ipomoea batatas*) es una hortaliza de la familia de las convolvuláceas originaria del continente Americano (Folquer, 1978) ampliamente distribuida globalmente y de gran importancia en el consumo mundial en las dietas basadas en carbohidratos.

La producción de camote en Panamá para el cierre agrícola 2019-2020 fue de 495.9 Tm. Fueron sembradas 45 hectáreas de camote en el país y se obtuvo un rendimiento promedio de 11 Tm/hectárea. En el país se cultiva principalmente en secano, sin embargo se recomiendan riegos suplementarios para promover el correcto desarrollo del cultivo y alcanzar los rendimientos esperados (Ruíz et al., 2012).

Estudios de investigación sobre el cultivo de camote han sido realizados principalmente en la región de Azuero, provincia de Los Santos por el Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP); de igual forma se han presentado estudios realizados en Tierras Altas, Chiriquí donde en ambos sitios principalmente se han enfocado en la evaluación de variedades introducidas de camote, para conocer su adaptación a las zonas de cultivo, así como conocer los rendimientos potenciales, requerimientos nutricionales, aptitud (consumo en fresco, procesamiento o producción de forraje) y la calidad nutricional de los mismos (Ruíz et al., 2012).

El conocimiento oportuno de la fisiología del cultivo de camote supone de un objetivo de gran importancia para lograr los rendimientos esperados. Al ser una planta arbustiva rastrera de un rápido crecimiento requiere de la aplicación de un manejo nutricional

basado estrictamente en los requerimientos según el estadio en que se encuentre el cultivo de la mano de la condición nutricional del suelo. El cultivo de camote, al poseer órganos de reserva como principal producto, requiere principalmente de los nutrientes Fósforo y Potasio, debido a que los mismos se conocen como los elementos encargados del desarrollo de tejidos (Méndez et al., 1987).

La utilización de biofertilizantes como insumos agrícolas suponen de un avance tecnológico de amplia relevancia para la industria de producción de alimentos, basado en la optimización de la acción fisiológica de las plantas, en su actividad de absorción de nutrientes; así pues, facilitada debido al apoyo realizado por dichos microorganismos capaces de solubilizar elementos químicos nutrimentales bajo la situación de simbiosis planta-microorganismo, donde los segundos se benefician de los exudados de las propias raíces para sus propios procesos fisiológicos y reproductivos (Camarena-Gutiérrez, 2012).

El desafío global de optimizar la utilización de las tierras de cultivo, aumentando rendimientos y reduciendo la utilización de insumos químicos favorece el escenario para la implementación de buenas prácticas de producción como lo son los biofertilizantes en la agricultura, en pro de reducir la degradación de los suelos así como evitar el aumento de la frontera agrícola, para proteger las fuentes de agua y bosques (Mahmud et al., 2021).

## Objetivos

### Objetivo General

Evaluar el efecto de aplicación de biofertilizantes micorrizas arbusculares y bacterias nitrificantes para mejorar el rendimiento y la calidad de raíces comerciales en la producción sostenible del cultivo de camote.

### Objetivos Específicos

- Determinar el efecto de la utilización de Micorrizas arbusculares en la producción de camote.
- Determinar el efecto de la aplicación de bacterias nitrificantes en la producción de camote.
- Determinar la calidad de las raíces comerciales con la implementación de biofertilizantes.

# I. Revisión de Literatura

## 1. Producción Mundial de Camote

La producción mundial de alimentos se encuentra en un constante desafío debido al exponencial ritmo de crecimiento demográfico de su población, con lo cual la demanda de proteína animal y vegetal así como los productos energéticos (carbohidratos) que componen la dieta global de la población exige que la producción de los mismos cada vez sea mayor; el desafío se encuentra en que el modelo común de producción agrícola basado en la utilización desmedida de insumos agrícolas químicos ha provocado un deterioro sin igual de uno de los componentes más importantes dentro de la cadena de producción, el suelo (FAO, 2020).

En 2019, se observó la continuidad de la tendencia en que la producción de raíces y tubérculos en el mundo se concentra principalmente en Asia (95 millones de Tm.) y en los países en vías de desarrollo, donde predominan aquellos que comprenden el continente africano en la región de África Sub Sahariana con 90 millones de Tm (OCDE/FAO, 2020), ya que son cultivos generalmente versátiles en cuanto a necesidades edafológicas se refiere y a su vez son fuente importante de carbohidratos basados en almidón en la dieta, de igual forma poseen buenas características de post cosecha, lo cual facilita su almacenamiento para épocas de escasez de producción.

El cultivo de camote (*Ipomoea batatas*) se refiere a una planta herbácea y perenne, sin embargo comercialmente se cultiva anualmente. Por otra parte, su hábito de crecimiento puede ser erecto, semi-erecto, extendido y muy extendido, aunque predomina su estilo

postrado sobre el suelo; además, denota su estructura radical por raíces fibrosas encargadas de la absorción de agua y nutrientes, así como las raíces reservantes laterales dónde se almacenan los productos fotosintéticos; los tallos pueden variar dependiendo de las variedades de camote, son cilíndricos y su longitud al igual que los entrenudos depende de su hábito de crecimiento, la coloración puede ir desde verde hasta rojo/morado. Las hojas dependiendo del cultivar pueden tener bordes distintivos enteros, dentados o lobulados y las raíces reservantes varían en forma, tamaño, disposición y color según sean las variedades (Huamán, 1992). La ramificación de los tallos de camote son influenciados directamente por el fotoperíodo al que son expuestas las plantas, así como al espacio que tengan para desarrollarse, la humedad del suelo y la calidad y disponibilidad de nutrientes presentes en el suelo (Ravi y Saravanan, 2012).

El cultivo de Camote requiere inicialmente del desarrollo de raíces adventicias blancas, las cuales consecuentemente sufrirán cambios hormonales en su patrón de crecimiento para convertirse así en raíces reservantes (Firon et al., 2009). Los primordios de las raíces preformadas sobresalen a través de la corteza y epidermis de los tallos prominentemente (Terehu, 2003).

La actividad meristemática en el parénquima medular, formando los cámbiumes secundarios, determina la expansión de la estela; posteriormente, el desarrollo posterior de la raíz reservante se logra por la actividad combinada del cambium vascular y nuevas zonas cambiales diferenciadas en la médula, ambos produciendo tejido vascular pero principalmente parénquima reservante (Marín y Suni, 2000).

## 2. Producción de Camote en América

La producción de camote en América forma parte inicial de la cultura de consumo que ha ido replicándose y en crecimiento a través de los años desde las minorías étnicas quienes primeramente han acogido al camote como base energética de su dieta. En Estados Unidos de América, la producción nacional para el período agrícola de 2014 fue de un récord total de 29.4 millones de quintales, predominando el estado de Carolina del Norte, donde se produce el 53% de la totalidad nacional (Johnson et al., 2015).

En México, se cultivan un total de 3000 hectáreas de camote con una producción total de 50 000 Tm. anualmente. La producción se desarrolla principalmente en las zonas Chiapas y Oaxaca, la región del Bajío y en algunos sitios de la vertiente del Pacífico en los estados de Colima, Jalisco, Michoacán, Nayarit y Sinaloa; también se cultiva en algunos municipios de Chihuahua y Tamaulipas (Basurto et al., 2015).

En Brasil, son cultivadas en la actualidad un total de 57.3 mil hectáreas de camote con una producción total de 805.4 mil Tm (Mazetti Fernandes et al., 2021), convirtiéndose así en el país Latinoamericano de mayor producción de camote. Los estados de mayor producción son: Río Grande do Sul, São Paulo, Ceará, Paraná, Minas Gerais y Sergipe, con productividad promedio entre 23 y 13 Tm./Ha.

### 3. Producción de Camote en Panamá

La producción nacional se cultiva en las provincias de Los Santos, Chiriquí y en las comarcas. La misma tiene como principal destino los mercados nacionales, donde el producto ofertado es ampliamente requerido por consumidores de etnias asiáticas los cuales tradicionalmente consumen el camote y forma parte de su dieta diaria.

Por otra parte, en menor escala se cultiva para consumo propio en los hogares principalmente de zonas rurales por ser un cultivo de amplia adaptación a los suelos y microclimas tropicales presentes en el país (Ruíz et al., 2012).

### 4. Características de la variedad de camote Tainung-66

La variedad Tainung 66 fue desarrollada y seleccionada en Taiwan, en la Estación Experimental de Agricultura de Chiayi en el año 1975, donde rápidamente recibió gran acogida debido a sus cualidades organolépticas lideradas principalmente por su pulpa de color naranja (Yeh, 2018).

La variedad de camote Tainung 66 posee hojas lobuladas, de color verde claro, con nervaduras verde claro, sin pubescencias, textura lisa, color de tallo verde claro, hábito de crecimiento semi rastrero, 14.48 guías en promedio y longitud promedio de guías de 1.58 metros. Por otra parte sus raíces reservantes poseen una forma elíptica larga, cáscara color rosado intenso, pulpa anaranjada y las mismas se encuentran dispuestas como racimo cerrado; en cuanto a las fases fenológicas de dicho cultivar es importante resaltar



que la brotación se da al día 8 ddt, la fase vegetativa comprende el día 33 ddt, la floración a partir del día 41 ddt y la cosecha a partir del día 91 ddt aproximadamente (Cruz Ramírez et al., 1998). El clon Tainung 66 presenta mediana cobertura de suelo (50 a 74%), las hojas poseen tres lóbulos y las raíces reservantes presentan venas (Ruíz et al., 2012).

El cultivar de camote Tainung 66 puede ser almacenado a 15 °C durante dos meses sin necesidad de agregar otro tipo de tratamiento post cosecha sin tener pérdidas significativas de peso (Huang et al., 2014)

## 5. Biofertilizantes y su función en cultivos

Los biofertilizantes son una mezcla de sustancias naturales que se utilizan para mejorar la fertilidad del suelo (Begum et al., 2019), principalmente se refieren a microorganismos presentes en la rizósfera de cultivos, los cuales se encuentran adaptados ecológicamente a las agroecosistemas y podrán ser utilizados en la producción de cultivos eficientemente (Terry Alfonso et al., 2005). Dentro del amplio mundo de los microorganismos utilizados como biofertilizantes se encuentran los hongos micorrícicos arbusculares, los cuales pueden ser de los tipos: ectomicorriza, ectendomicorriza y endomicorriza (Ramos Zapata et al., 2010)

Las micorrizas arbusculares se refieren a la clase taxonómica Zigomicetes, las mismas no forman manto hifal, poseen un crecimiento inter e intracelular en la corteza radical de las plantas hospederas, no tienen especificidad sobre hospederos, se encuentran en toda clase de suelo predominantemente en suelos tropicales con bajo contenido de materia orgánica, su reproducción es asexual, principalmente interactúan en la absorción de nutrientes como Fósforo, Potasio, Zinc, Cobre y otros de baja movilidad en el suelo. Cabe destacar que los hongos micorrízicos arbusculares no descomponen materia orgánica (Blanco y Salas, 1997).

Su principal característica es la estructura denominada arbusculo, la cual se origina cerca del cilindro vascular de la planta mediante numerosas ramificaciones dicotómicas sucesivas de una hifa, y tiene la función de transferir nutrimentos desde y hacia la planta. La segunda estructura es llamada vesícula, y puede o no estar presente, dependiendo del hongo. Es de forma ovalada a esférica; puede formarse entre o dentro de las células radicales, y funciona como almacén de nutrimentos (Andrade Torres, 2010).

La implementación de hongos micorrízicos arbusculares mejora la eficiencia del proceso fotosintético, mejora la absorción de nutrientes y el metabolismo energético, mejora en el estado del agua de la planta, mejora la acumulación de metabolitos secundarios, así como el ajuste osmótico y la regulación del sistema de defensa oxidativo de la planta (Begum et al., 2019).

Según Tarrand et al. (1978), quienes identificaron al nuevo género bacteriano, el nombre se refiere a un “pequeño espiral de nitrógeno”, cuyas células son generalmente vibroides

pero pueden tener forma de S o helicoidal, móvil en medio líquido por un solo flagelo polar; sin embargo, en medios sólidos se forman numerosos flagelos laterales que se adjuntan al flagelo polar.

La implementación del uso de bacterias nitrificantes del género *Azospirillum* ha demostrado de igual forma que la bacteria beneficia a la planta, extendiendo la capacidad de hacerle frente a factores abióticos externos que causan estrés mediante tolerancia sistémica inducida y frente a factores bióticos mediante la resistencia sistémica inducida (Fukami et al., 2018).

## 6. Absorción de Nutrientes y Fisiología del Camote

Los suelos donde se produce el cultivo de camote presentan mayormente acidez y baja concentración de Potasio extraíble. Es ampliamente conocido que el Potasio es el elemento que es mayormente removido por parte del camote en comparación de otros nutrientes, indicando así la relevancia del mismo en la nutrición del cultivo (Byju y George, 2005).

Al igual que el Potasio, el Nitrógeno forma parte de los elementos de mayor relevancia en cuanto a la remoción de nutrientes para el rendimiento del cultivo, sin embargo, la mayor tasa de requerimiento inicia a partir del desarrollo de las raíces reservantes generalmente a los 50 días después de siembra (Fernandes y Ribeiro, 2020).

El camote tiene un tallo decumbente y pueden ser clasificados los cultivares entre: tupido erecto, intermedio o extendido, en función de la longitud de sus tallos, de igual manera los mismos son postrados sobre la superficie del suelo con hojas expandidas. El sistema radicular de las plantas de camote comprende raíces reservantes, raíces de lápiz y raíces fibrosas (Figura 1) (Ravi y Saravanan, 2012).

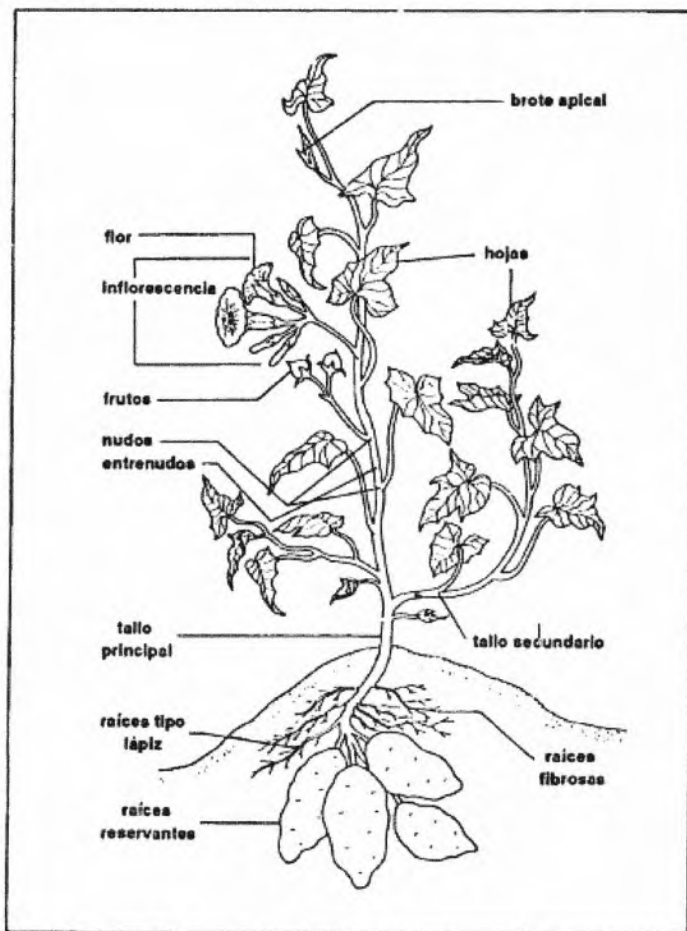


Figura 1. Morfología de la planta de Camote (I.batatas). Fuente: Huamán (1992).

## 7. Calidad Post Cosecha del Camote

Las raíces de camote poseen un alto valor nutricional al igual que características sensoriales de gran relevancia y versatilidad en términos de textura, sabor y el color de su pulpa, la cual se presenta en distintas coloraciones desde púrpura, naranja y blanco, cada cual con características singulares (Truong et al., 2018).

## II. Materiales y Métodos

### Localización Geográfica

El estudio se llevó a cabo en la región de la península de Azuero, durante el ciclo agrícola del año 2020, específicamente en la comunidad de Loma Larga, corregimiento de Los Ángeles, distrito de Los Santos, provincia de Los Santos, Panamá (Figura 2).

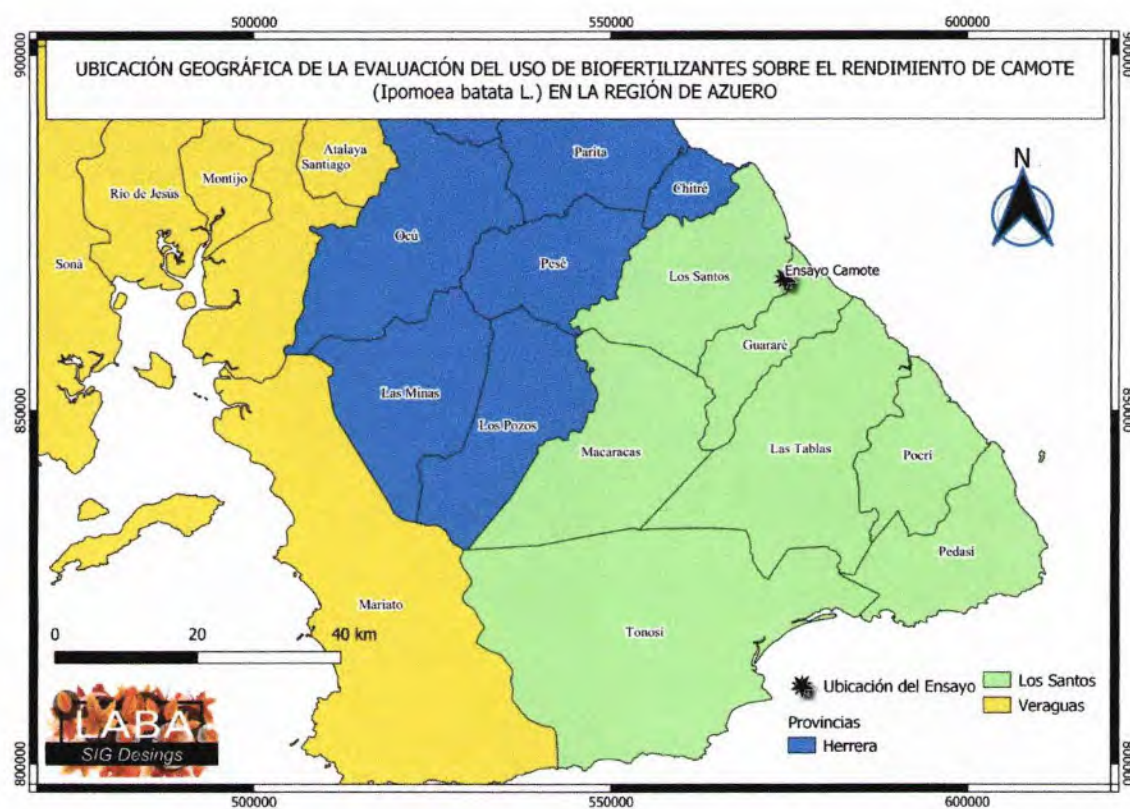


Figura 2. Ubicación geográfica de la Evaluación del uso de biofertilizantes sobre el rendimiento de camote (*Ipomoea batatas* L.) en la región de Azuero. (Fuente: Luis A. Barahona A.)

La investigación en cuestión fue desarrollada con la implementación de un sistema de riego por goteo, en una parcela de planicie aluvial aledaña a la quebrada “El Hato” en su cuenca baja, entre los 7°51’23” latitud Norte y los 80°19’31” longitud Oeste bajo la denominación de zona de vida de Bosque Seco Premontano (Figura 3), según la clasificación de Holdridge (1967).

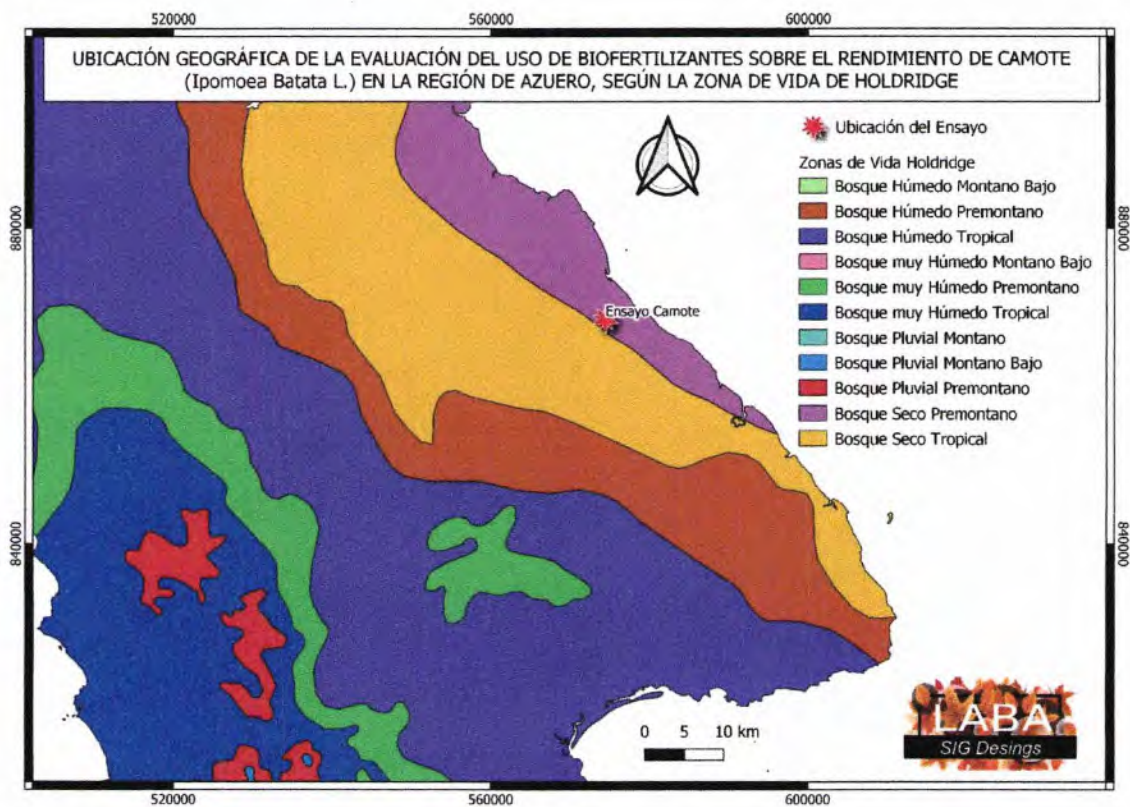


Figura 3. Ubicación geográfica de la evaluación del uso de biofertilizantes sobre el rendimiento de camote (*Ipomoea batatas* L.) en la región de Azuero, según la zona de vida de Holdridge (1967). (Fuente: Luis A. Barahona A.)

La temperatura anual histórica de la zona donde se desarrolló el ensayo es de 27.9°C, la precepción promedio anual es de 1060 mm y la humedad relativa promedio es de 73% (HIDROMET, 2019).

El suelo donde se desarrolló el ensayo se clasifica como alfisol de mediana fertilidad y bajo contenido de carbono orgánico (Villarreal et al., 2017).

### Material Genético

Para el estudio fue utilizado el cultivar “Tainung-66”, originario de Taiwán, ingresado a Panamá por el Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), ya que el mismo es el cultivar de más demanda comercial en los mercados nacionales y de mayor preferencia debido principalmente a la coloración de su pulpa naranja (Figura 4) y su forma mayormente ovalada (Figura 5).



Figura 4. Pulpa de raíz reservante de camote (*I. batatas*) cv. Tainung-66. (Foto: Alex Vargas)



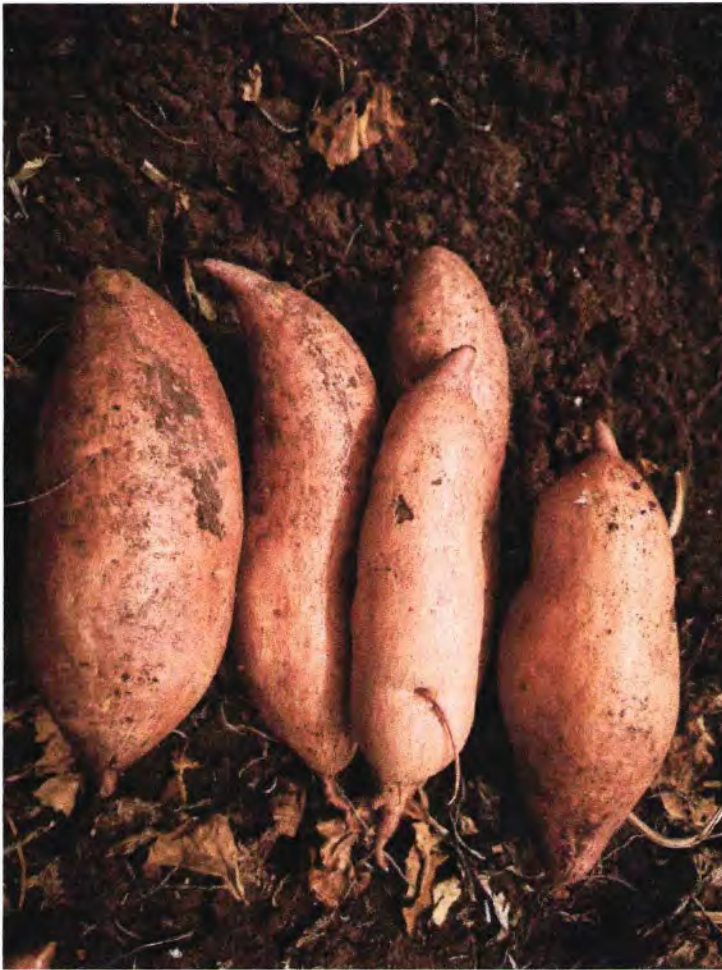


Figura 5. Raíces reservantes de camote (*I. batatas*) cv. Tainung-66. Foto: Alex Vargas

#### Características Edáficas

Previo al establecimiento del experimento en campo, fue realizado un muestreo de suelos en la zona comprendida de capa arable (0-30 cm.), agrupando 10 sub-muestras para lograr así una muestra compuesta representativa de la parcela, dicho proceso se desarrolló utilizando la metodología descrita por Villarreal y Name (1996) para conocer las características físico-químicas del suelo en cuestión.

El suelo de la parcela de investigación, según los niveles críticos de contenido de nutrientes establecidos para el Laboratorio de Suelos de IDIAP (Villarreal y Name, 1996), presenta niveles de calcio (Ca) y magnesio (Mg) altos; potasio (K) medio; así como unos niveles bajos de fósforo (P), aluminio (Al), manganeso (Mn), hierro (Fe), zinc (Zn) y cobre (Cu) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Fertilidad del suelo en la parcela de Loma Larga, Los Santos. 2020.

<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>Al</b>	<b>Mn</b>	<b>Fe</b>	<b>Zn</b>	<b>Cu</b>	<b>CICE</b>	<b>Bases</b>
<i>mg l-1</i>	<i>cmol (+) kg-1</i>			<i>mg l-1</i>			<i>cmol(-) kg-1</i>	<i>% Saturación</i>		
<b>2</b>	<b>91.1</b>	<b>21.9</b>	<b>9.1</b>	<b>0.2</b>	<b>12.3</b>	<b>7</b>	<b>0</b>	<b>1.6</b>	<b>31.43</b>	<b>99.36</b>

Fuente: Laboratorio de Suelos de IDIAP; Divisa, Herrera, Panamá.

Por otra parte, sus características físico-químicas demuestran una textura franco arcillosa, así como una coloración en seco pardo amarillo oscuro, pH poco ácido, una capacidad de intercambio catiónico efectiva (CICE) media, una saturación de bases alta, saturación de aluminio baja y un nivel bajo de materia orgánica (Cuadro 2).

Cuadro 2. Características físico-químicas del suelo en el ensayo de absorción de nutrientes.

<b>Textura</b>	<b>Color</b>	<b>pH</b>	<b>Al</b>	<b>M.O.</b>
			<i>% Saturación</i>	<i>%</i>
FA	Pardo A. Osc.	6.5	0.64	0.66

Fuente: Laboratorio de Suelos IDIAP; Divisa, Herrera, Panamá.

## Tratamientos

Cuadro 3. Descripción de los tratamientos evaluados.

Tratamiento	<i>N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O</i>	Dosis kg.ha <sup>-1</sup>	
		<i>Glomus</i>	<i>Azospirillum</i>
Testigo absoluto	0-0-0	0.0	0.0
Testigo comercial	37-32-80	0.0	0.0
Azospirillum	37-32-80	0.0	0.6
Glomus	37-32-80	1.5	0.0
Glomus+Azospirillum	37-32-80	1.5	0.6

## Arreglo en Campo y Manejo

### Diseño Experimental:

El diseño experimental utilizado fue de bloques completos al azar con 5 tratamientos (Cuadro 3) y 4 repeticiones. El modelo estadístico para el análisis fue el siguiente:

$$g_{ij} = m + \text{Repi} + \text{Tratj} + \epsilon_{ij}$$

En donde:

$g_{ijk}$  = valor del carácter estudiado

$m$  = Media general del experimento

$\text{Repi}$  = Efecto de la repetición

$\text{Tratj}$  = Efecto del tratamiento

$\epsilon_{ijk}$  = Error experimental

La parcela del estudio tenía un área total de 621 m<sup>2</sup> donde cada unidad experimental estuvo conformada por tres camas con doble línea de siembra separada a 0.60 m entre ellas y a 1.2 m entre cada doble línea con un largo de 3.0 m. Cada línea de siembra contenía un total de 10 plantas separadas a 0.3 m entre ellas para un total de 60 plantas en cada unidad experimental de 16.2 m<sup>2</sup> (5.4 m x 3 m). La parcela efectiva estaba constituida por 1.8 m de las 2 líneas de la cama central (12 plantas), dejando a cada lado una cama para eliminar el efecto de borde. La distancia entre los tratamientos fue de 1 m y la distancia entre los bloques de 1.8 m (Figura 6).



Figura 6. Vista aérea de las unidades experimentales del ensayo.

Fueron utilizadas semillas asexuales de las guías apicales de plantas libres de patógenos con tres nudos de la variedad de camote Tainung-66; la densidad de siembra utilizada fue de 37,037 plantas/hectárea.

## Muestreo en Campo

### VARIABLES DE ESTUDIO

Índice de vegetación normalizada de diferencia, con un sensor portátil GreenSeeker™ (NDVI)



Figura 7. Toma de Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) utilizando el instrumento GreenSeeker®.

Se realizaron muestreos en la etapa fenológica antecedendo a la floración donde se midieron las variables de temperatura del cultivo y la NDVI (Figura 7); de igual manera se realizó muestreo en la etapa de madurez comercial para cosecha, cada muestreo constó de 4 repeticiones, en cada una se utilizó la parcela efectiva constituida por 1.4 metros lineales de la doble línea de siembra de la cama central de cada repetición, los mismos fueron realizados manualmente.

### **Número de Raíces Reservantes por planta**

Se realizó el conteo de las raíces reservantes de cada planta dentro de la unidad experimental establecida.

### **Número de Raíces Reservantes Comerciales por planta**

Se realizó el conteo de las raíces reservantes de cada planta dentro de la unidad experimental establecida, de las cuales se seleccionaron las que cumplían con las características morfológicas requeridas por el mercado nacional.

### **Peso de Raíces Reservantes por planta**

Se realizó el pesaje de las raíces reservantes de cada planta dentro de la unidad experimental, luego se cuantificaron en su totalidad los valores sumatorios de cada raíz reservante, el mismo se expresa en kilogramos/planta.

### **Peso Promedio de Raíces Reservantes**

Se calculó en base al pesaje total de las raíces reservantes de cada planta dentro de la unidad experimental, las cuales posteriormente se dividió entre el número de raíces reservantes producidas en cada planta, el mismo se expresa en kilogramos.

### **Número de Raíces Reservantes por hectárea**

Se calculó basado en la cantidad de raíces reservantes producidas en el área de cada unidad experimental, luego ese mismo valor fue expresado mediante regla de tres al área de una hectárea.

### **Número de Raíces Reservantes Comerciales por hectárea**

Se calculó basado en la cantidad de raíces reservantes con las características morfológicas comerciales producidas en el área de cada unidad experimental, luego ese mismo valor fue expresado mediante regla de tres al área de una hectárea.

### **Forma de Raíces Reservantes**

Se realizó una apreciación de cada una de las raíces reservantes producidas en cada unidad experimental, según Huamán (1992) y se estimó en base al porcentaje de cada forma dentro de la unidad experimental.

### **Rendimiento**

Se calculó en base a la producción de raíces reservantes por cada unidad experimental, totalizado en kilogramos por área experimental y luego ese valor fue expresado mediante regla de tres al área de una hectárea.

### **Índice de Cosecha**

Se calculó realizando la división numérica del peso de las raíces reservantes entre el peso de la biomasa de las plantas en cada unidad experimental.

Las muestras se dividieron en raíz reservante y follaje para determinar la extracción de nutrientes en cada una de ellas y raíz reservante para determinar los valores de rendimiento y calidad del camote.

Se procedió a pesar las muestras húmedas, seguidamente se llevaron a un horno a 70°C por 48 horas y se tomó el peso seco para calcular la producción de biomasa seca total por hectárea. Las muestras secas fueron llevadas al laboratorio de suelos del IDIAP para determinar el contenido de nutrientes según la metodología descrita por Villarreal y Name (1996); Wilcox y Rivera (2010).

#### Análisis de Laboratorio

Las muestras secas fueron molidas (Figura 8) y pasadas por un tamiz N° 20 (1 mm de abertura en la malla), luego fueron guardadas en sobres de papel a temperatura ambiente.



Figura 8. Molino utilizado en el proceso de preparación de las muestras para análisis.



**Determinación de Nitrógeno:** se utilizó el método Kjeldahl (Figura 9), donde se pesó 1 gramo de muestra, se realizó la digestión agregando 4 g de catalizador más 13 ml de ácido sulfúrico concentrado (96-98%), luego se pone a destilar por 60 minutos a 420°C con 75 ml de agua destilada y 50 ml de hidróxido de sodio (30%), recogiendo el destilado en 30 ml de ácido bórico (4%) con indicador por unos 5 minutos, para después titular con ácido clorhídrico 0.2 N.

Para determinar el Fósforo y Potasio, se utilizó el proceso de mineralización vía húmeda descrita por (Villarreal y Name, 1996).



Figura 9. Analizador automatizado según metodología Kjeldahl.

**Mineralización vía húmeda:** se toman 0.5 g de la muestra molida y se coloca en un volumétrico de 50 ml (Figura 10), luego se le colocan de 10-15 perlas de ebullición y se añaden 15 ml de la solución A (metanol, ácido sulfúrico concentrado y peróxido de hidrógeno al 30%), luego se ponen a digerir a 250°C en una cámara de extracción de gases hasta que la muestra se torne oscura, luego se agregan 5 ml de la solución B (Metanol y peróxido de hidrógeno al 30%) hasta que la muestra se torne oscura nuevamente, luego se afora a 50 ml con agua destilada, se le aplica carbón activado

(Figura 11) para aclarar la muestra, se agita y filtra, finalmente se guarda el extracto bajo refrigeración (Figura 12).



Figura 10. Proceso de mineralización vía húmeda.



Figura 11. Proceso de filtrado con carbón activado de muestras.



Figura 12. Muestras digeridas.

**Determinación de fósforo:** del extracto digerido por la mineralización vía húmeda, se toman 5 ml y se agregan 25 ml de agua destilada, luego de esa dilución se toma una alícuota de 2.5 ml y se agregan 14.5 ml de la solución de color con molibdato de amonio, se esperan 30 minutos y se lee en el espectrofotómetro de luz UV/VIS a 680 nm (Figura 13).

**Determinación de potasio:** en el extracto digerido por la mineralización vía húmeda se lee directamente la concentración en el espectrofotómetro de absorción atómica mediante técnica de llama (Figura 14).



Figura 13. Instrumento Espectrofotómetro UV/VIS 680 nm para determinación de fósforo.

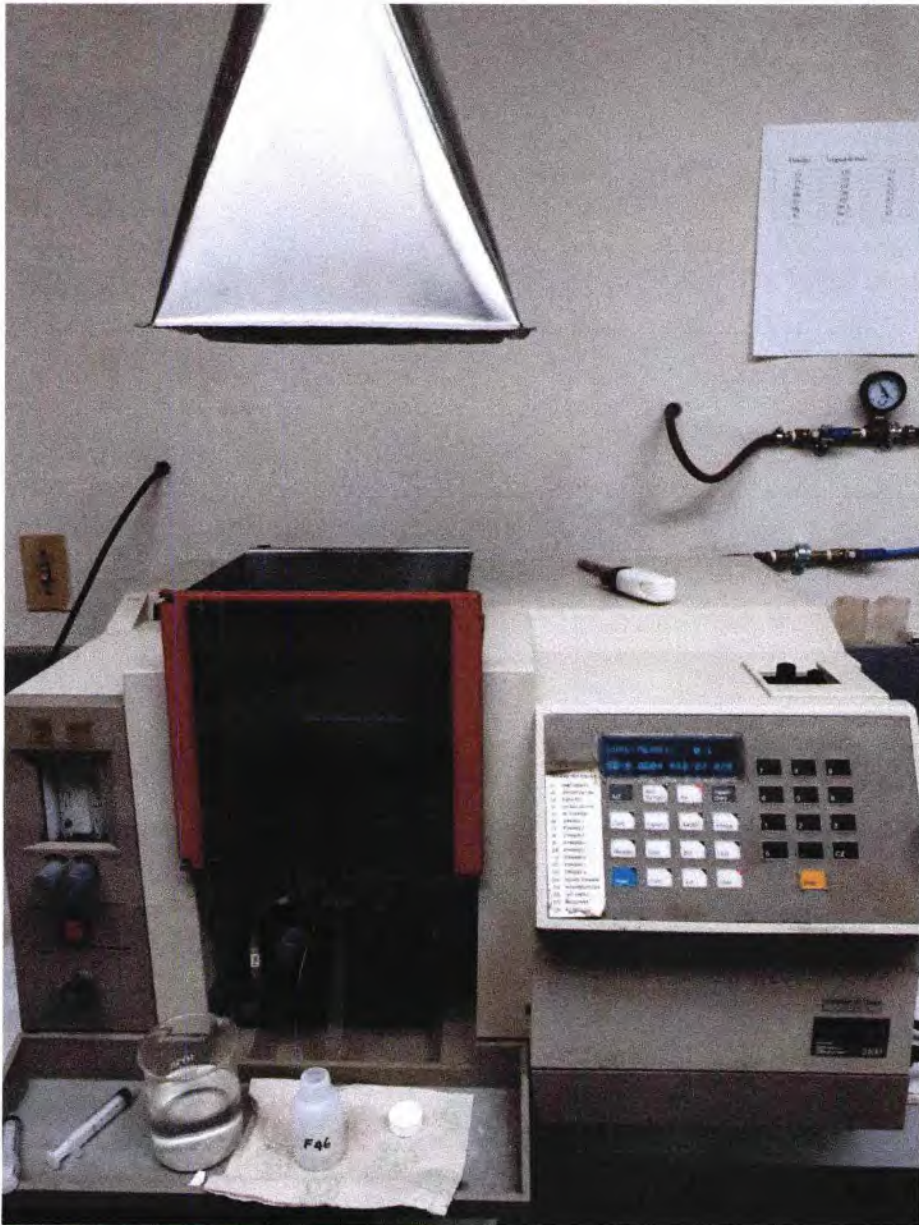


Figura 14. Instrumento Espectrofotómetro de absorción atómica mediante técnica de llama para determinación de potasio.

### Análisis de Presupuesto Parcial

Se calculó en base a la metodología establecida por CIMMYT (1988), donde se expresa a través de la curva de beneficios netos y el análisis de retorno marginal de los tratamientos, tomando en consideración los costos que varían por la implementación de cada tratamiento expresados en dólares/hectárea y los beneficios netos expresados en dólares por hectárea.

### Análisis Estadístico

Se realizó la prueba de Levene para comprobar la homogeneidad de varianza, observándose que en todas las variables de estudio, las varianzas son homogéneas. Se realizó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, encontrando que las variables de materia seca (%MS) e índice de cosecha (%IC), no presentaban una distribución normal, por lo cual se procedió a realizar una transformación utilizando el ArcoSeno  $\sqrt{x}$ , la cual es recomendada para transformación de datos de proporciones. Luego de comprobado los supuestos, se realizó un análisis de varianza.

Se realizó un análisis no paramétrico de chi-cuadrado para la variable forma de raíz (categórica).

Se realizó un análisis de correlación de Pearson, para determinar la relación entre el NDVI y la temperatura del cultivo, respecto a las variables agronómicas evaluadas en la producción de camote.

Se realizó una prueba de Kaiser-Meyer-Olkin para determinar la adecuación muestral, obteniéndose un valor cercano a uno (0.824), indicando que se puede realizar el PCA, según lo descrito por (Montoya Suárez, 2007).

Se procedió a realizar un análisis multivariado de Componentes Principales con las variables de respuesta para observar la asociación entre alguna de las mismas.

Para el análisis estadístico de los datos se utilizó el software Infostat Profesional versión 2020.



## VARIABLES DE ESTUDIO

- Número de raíces reservantes totales por planta
- Número de raíces reservantes comerciales por planta
- Peso de raíces reservantes por planta (kg)
- Peso promedio de raíces reservantes (kg)
- Número de raíces reservantes por hectárea
- Número de raíces reservantes comerciales por hectárea
- Tamaño de raíces reservantes (metros)
- Forma de raíces reservantes (Huamán, 1992)
- Rendimiento ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ )
- Extracción de NPK foliar ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ )
- Extracción de NPK por raíces reservantes ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ )
- Extracción de NPK total ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ )
- Análisis de presupuesto parcial (CIMMYT, 1988)
- Índice de vegetación normalizada de diferencia, con un sensor portátil GreenSeeker™ (NDVI)

### III. Resultados y Discusión

#### Forma de Raíz Reservante

Cuadro 4. Análisis de Chi-Cuadrado para la variable forma de raíz reservante.

<b>FV</b>	<b>Valor</b>	<b>gl</b>	<b>Probabilidad</b>
Glomus	8.492	6	0.204
Azospirillum	7.798	6	0.253
N de casos válidos	20		

En el análisis con la prueba de Chi<sup>2</sup> (Cuadro 4), no se observa asociación entre la forma de la raíz reservante y la utilización de los biofertilizantes.

Cuadro 5. Análisis de Frecuencia Relativa para la variable Forma de Raíz.

<b>Tratamiento</b>	<b>Forma</b>	<b>Frecuencia relativa</b>
Testigo absoluto	largo irregular	28%
	largo oblongo	28%
	elíptico	22%
	ovada	22%
Testigo comercial	elíptico	28%
	largo oblongo	28%
	abovada	22%
Glomus	redondo elíptico	22%
	largo elíptico	69%
	largo irregular	31%
Azospirillum	largo oblongo	69%
	largo elíptico	31%
Glomus + Azospirillum	largo elíptico	50%
	largo oblongo	50%

A pesar de que estadísticamente no se encontró asociación entre el uso de biofertilizantes y la forma de la raíz reservante, se puede observar que con el uso individual o combinado de ambos biofertilizantes la forma de las raíces tiende a ser de forma alargada (Cuadro 5) (Figura 15).

Se asemeja a lo reportado por Nafi'ah et al. (2021) en su ensayo con el cultivo de camote donde ambos cultivares Karangpawitan y Cilawu mostraron que las raíces reservantes de las plantas a las que se les aplicó Biofertilizante fueron más alargadas que las plantas a las que no se les inoculó Biofertilizante, en este caso contenían microorganismos de los géneros azotobacter, azospirillum, acinetobacter, pseudomonas, y penicillium.

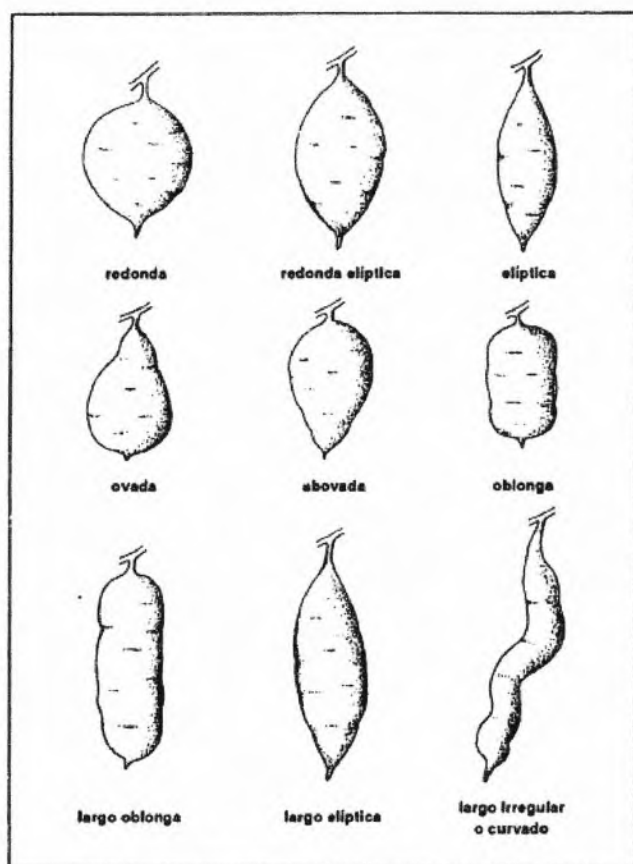


Figura 15. Formas de las raíces reservantes de camote (I. batatas) (Huamán, 1992).

## Análisis de correlación de Pearson

Cuadro 6. Análisis de correlación Pearson para las variables de estudio.

Análisis de Correlación de Pearson											
	RaízT/planta	RaízC/planta	Peso/RaízT	Peso/RaízC	RaízT/ha	RaízC/ha	Biomasa	% MS	RendT	RendC	IC (%)
NDVI	0.782	0.873	-0.104	0.895	0.782	0.873	0.870	-0.131	0.742	0.966	0.955
T° Cultivo	-0.753	-0.695	0.320	-0.846	-0.753	-0.795	-0.868	0.003	-0.499	-0.852	-0.849

Se observan correlaciones positivas entre el NDVI y las variables de raíces totales por planta (RaízT/planta), raíces comerciales por planta (RaízC/planta), peso de raíces comerciales (Peso/RaízC), número de raíces totales por hectárea (RaízT/ha), número de raíces comerciales por hectárea (RaízC/ha), Biomasa (kg/ha), rendimiento total por hectárea (RendT) y rendimiento comercial por hectárea (RendC), lo cual indica que es posible inferir que a mayor NDVI mostrado se logrará mayor resultado de estas variables de producción (Cuadro 6).

Se observan correlaciones negativas entre la temperatura del cultivo y las variables de raíces totales por planta (RaízT/planta), peso de raíces comerciales (Peso/RaízC), número de raíces totales por hectárea (RaízT/ha), número de raíces comerciales por hectárea (RaízC/ha), Biomasa (kg/ha) y rendimiento comercial por hectárea (RendC), lo cual indica que a menor es la temperatura del cultivo, mayor resultado presentará el cultivo en estas variables de producción, como se observa en los resultados del análisis de varianza de la temperatura del cultivo (Cuadro 9), las plantas inoculadas con ambos biofertilizantes en conjunto presentaron una temperatura en el rango de 27 °C, la cual es óptima para el desarrollo productivo.

## Análisis de Varianza

### Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI)

En el análisis de varianza (Cuadro 7) se encontró diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.0001$ ) para el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada en los tratamientos, mostrando un mayor índice NDVI en las plantas a las que se les aplicó la micorriza *G. intrarradices* y la bacteria nitrificante *A. brasilense* en conjunto (Figura 16). Dicho tratamiento de ambos biofertilizantes fue superior a los tratamientos donde se utilizaron los biofertilizantes individualmente, y a su vez todos los tratamientos con biofertilizantes fueron superiores a ambos tratamientos testigo (absoluto y comercial), lo cual demuestra que la aplicación de biofertilizantes en el cultivo de camote aumenta el vigor de la planta. Estos resultados guardan relación a los reportados por Shirkhani y Nasrolahzadeh (2016) en su ensayo en el cultivo de maíz donde se observó un mayor valor de NDVI en las plantas que fueron inoculadas con biofertilizantes del género *Azotobacter*, donde las mismas resultaron en un mayor rendimiento por hectárea, demostrando así que la implementación del uso de biofertilizantes resulta en un incremento del vigor de la planta que se refleja en cultivos más sanos y que las hojas de estas plantas absorben más luz roja y reflejan más luz infrarroja, lo cual representa un mayor valor de NDVI.

Cuadro 7. Análisis de la Varianza (SC tipo III) para la variable Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada ( $\alpha$  0.05).

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.05	7	0.01	105.32	<0.0001
Tratamiento	0.05	4	0.01	184.26	<0.0001
Rep	1.50E-05	3	5.0 <sup>-06</sup>	0.07	0.9728
Error	8.10E-04	12	6.7 <sup>-05</sup>		
Total	0.05	19			

C.V.= 0.97%

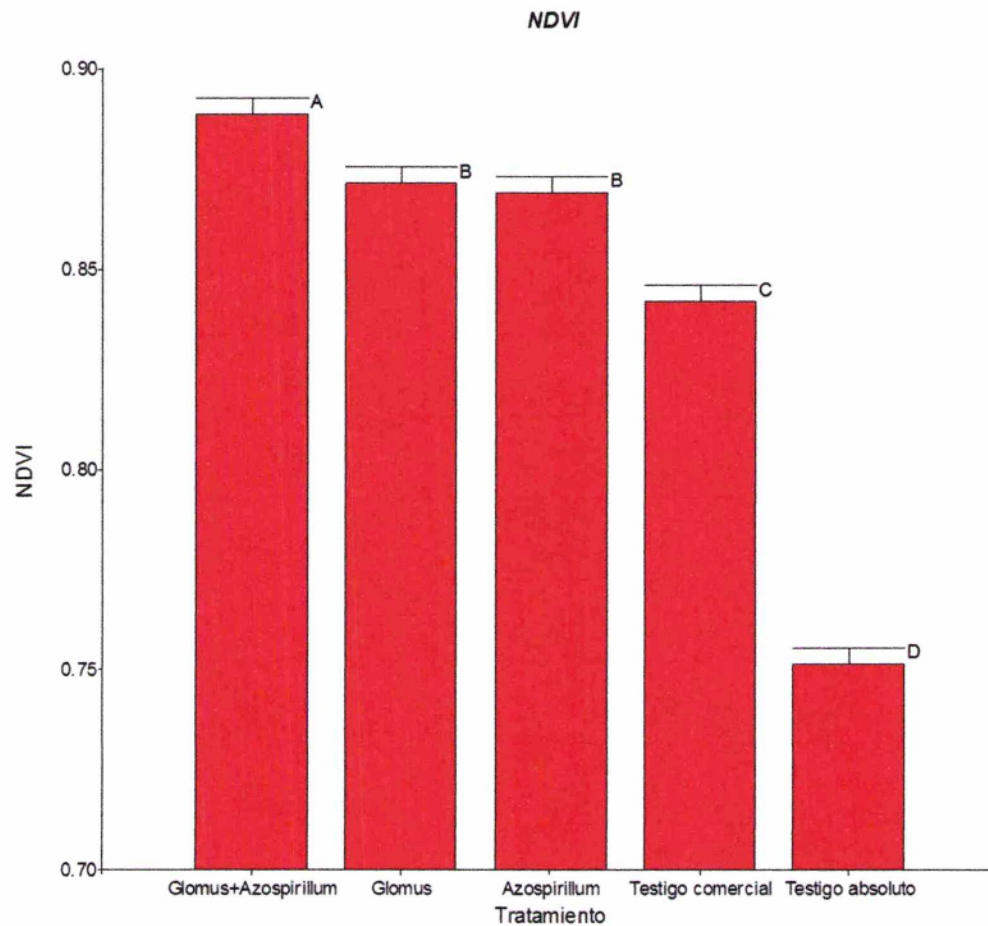


Figura 16. Prueba de Separación de Medias de Duncan (Alfa=0.05) para la variable NDVI.

## Temperatura de Cultivo (T° Cultivo)

Para la variable temperatura de las plantas (°C) se encontró diferencias estadísticas altamente significativas ( $P < 0.0001$ ) entre los tratamientos (Cuadro 8). La temperatura de las plantas inoculadas con biofertilizantes de manera individual o combinado fueron menores a las plantas que no recibieron aplicación de biofertilizantes (Cuadro 9). Al encontrarse un ambiente rizosférico rico en microorganismos capaces de promover la absorción de nutrientes minerales como lo son aquellos suelos donde se han aplicado biofertilizantes, donde se propicia dicha absorción; de igual manera se mejora la absorción de agua en la planta, la parte aérea de dichas plantas al contener mayor flujo hídrico en sus células de igual manera se reduce la temperatura de las mismas (Mahmud et al., 2021). Las plantas que muestran mayor temperatura foliar expresan una disminución en la capacidad de conductancia estomática y una reducción en la tasa de asimilación de CO<sub>2</sub> produciendo una baja capacidad fotosintética, lo que impacta de igual manera en la conductividad hidráulica de sus raíces impidiendo así la regulación de la temperatura foliar (Morales et al., 2006).

Cuadro 8. Análisis de la Varianza (SC tipo III) para la variable Temperatura de Cultivo ( $\alpha \leq 0.05$ ).

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	48.49	7	6.93	29.7	<0.0001
Tratamiento	48.46	4	12.11	51.94	<0.0001
Rep	0.04	3	0.01	0.05	0.9838
Error	2.8	12	0.23		
Total	51.29	19			

C.V.=1.69%

Cuadro 9. Prueba de Separación de Medias de Duncan (Alfa=0.05) para la variable Temperatura de Cultivo.

<b>Tratamiento</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	
Testigo absoluto	31.13	4	0.24	A
Testigo comercial	29.5	4	0.24	B
Glomus	27.55	4	0.24	C
Glomus+Azospirillum	27.28	4	0.24	C
Azospirillum	27.15	4	0.24	C

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

### Raíces Totales por Planta

Para la variable Raíces Totales por Planta se encontró diferencias estadísticas altamente significativas ( $P < 0.0001$ ) entre los tratamientos (Cuadro 10). Los tratamientos de plantas inoculadas con Glomus+Azospirillum y Glomus, fueron superiores a los demás tratamientos y no se observó diferencias estadísticas entre ellos para la variable número de raíces totales por planta; el tratamiento Azospirillum y el testigo comercial no mostraron diferencias significativas entre ellos, pero si fueron estadísticamente superiores al tratamiento de testigo absoluto (Figura 17). Se observó en los resultados de ésta variable de estudio, que la implementación de ambos biofertilizantes logró aumentar significativamente con diferencias estadísticas, el número total de raíces debido al efecto de la mejor asimilación de nutrientes por la planta logrando así un aumento en el total de órganos de reserva, aumentando su producción.



Dichos resultados se asemejan a los reportados por Hindersah et al. (2021) en su ensayo en el cultivo de camote con el cultivar Rancing, donde las plantas a las que se les fue inoculada una solución con biofertilizantes junto a la fertilización química fueron estadísticamente superiores en la producción de raíces reservantes a las plantas que no fueron inoculadas con biofertilizantes.

Cuadro 10. Análisis de la Varianza (SC tipo III) para la variable Raíces Totales por Planta ( $\alpha \leq 0.05$ ).

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	4.43	7	0.63	16.49	<0.0001
Tratamiento	4.41	4	1.1	28.75	<0.0001
Rep	0.02	3	0.01	0.15	0.9263
Error	0.46	12	0.04		
Total	4.89	19			

C.V.=6.15%

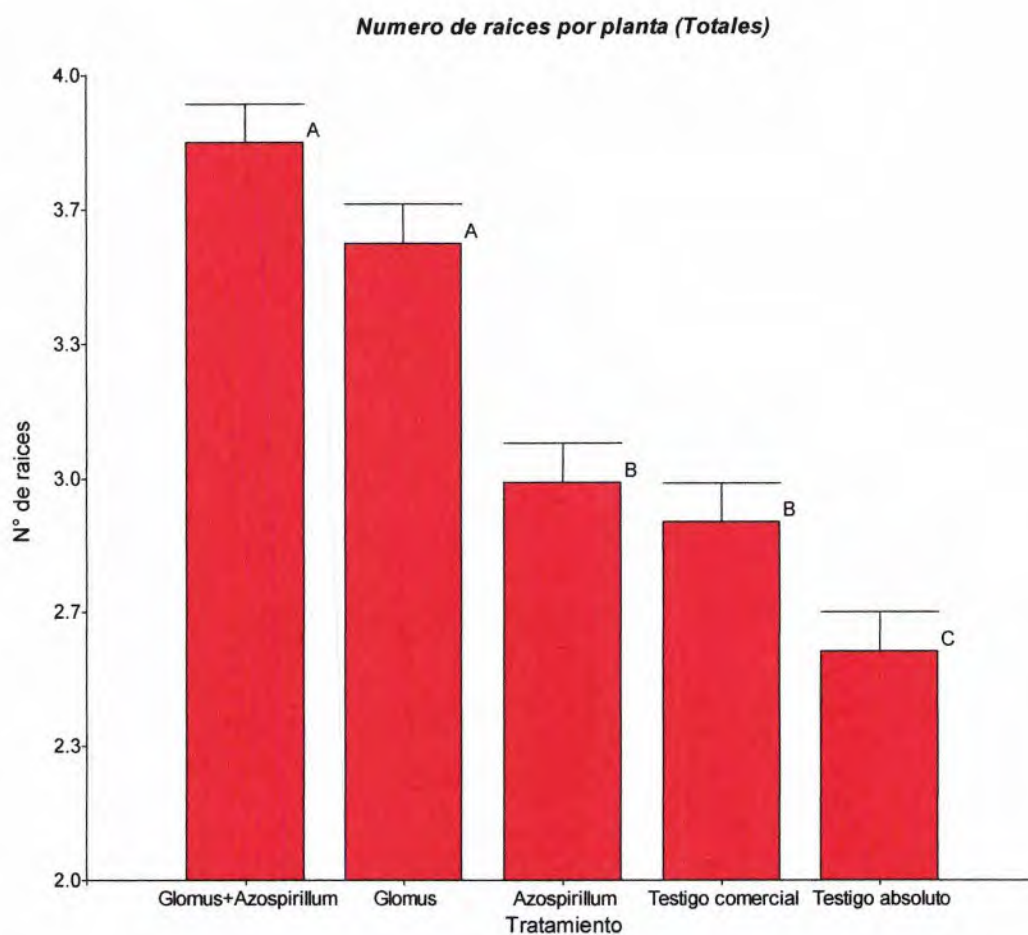


Figura 17. Prueba de Separación de Medias de Duncan (Alfa=0.05) para la variable Número de raíces por planta (Totales).

### Raíces comerciales por plantas

Para la variable Raíces Comerciales por plantas se encontró diferencias estadísticas altamente significativas ( $p < 0.0001$ ) entre los tratamientos (Cuadro 11). El tratamiento donde se aplicaron ambos microorganismos biofertilizantes, el tratamiento donde se implementaron las micorrizas arbusculares y el de solo fertilización química fueron superiores a los demás tratamientos, sin embargo no hubo diferencias significativas entre

ellos (Cuadro 12). Estos resultados difieren a los reportados por Osorio Osorio (2018) y Alarcón Zayas et al. (2008) en sus ensayo en el cultivo de camote donde se observaron diferencias significativas entre las plantas inoculadas con biofertilizantes y plantas sin inoculación, efecto probablemente debido a que este ensayo fue realizado con una variedad de camote diferente a la utilizada en nuestro estudio.

A su vez muestran similitud a lo reportado por Santana-Fernández et al. (2021) donde no se encuentran diferencias significativas entre los tratamientos a plantas de camote a los que fueron aplicados biofertilizantes y a plantas sin biofertilizantes y sólo aplicación de fertilizantes químicos completa.

Cuadro 11. Análisis de la Varianza (SC tipo III) para la variable Raíces comerciales por Planta ( $\alpha \leq 0.05$ ).

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	2.14	7	0.31	29.64	<0.0001
Tratamiento	2.11	4	0.53	51	<0.0001
Rep	0.04	3	0.01	1.16	0.3648
Error	0.12	12	0.01		
Total	2.27	19			

C.V.= 6.52%

Cuadro 12. Prueba de Separación de Medias de Duncan (Alfa=0.05) para la variable Raíces comerciales por plantas.

<b>Tratamiento</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	
Glomus+Azospirillum	1.88	4	0.05	A
Glomus	1.78	4	0.05	A
Testigo comercial	1.73	4	0.05	A
Azospirillum	1.45	4	0.05	B
Testigo absoluto	0.98	4	0.05	C

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

## Peso Promedio de Raíces total

Para la variable Peso promedio de raíz (Total) se encontró diferencias estadísticas altamente significativas ( $p < 0.0001$ ) entre los tratamientos (Cuadro 13). El tratamiento de testigo comercial, donde fue utilizado únicamente la fertilización química sin Biofertilizante, resultó ser superior a los tratamientos donde fueron implementados los biofertilizantes (Figura 18). Estos resultados muestran que las plantas sin inoculación de biofertilizantes mostraron un mayor peso promedio de raíz reservante, sin embargo estos valores contemplaron camotes sin calidad comercial.

Dichos resultados difieren a los reportados por Yasmin et al. (2007) en su ensayo en el cultivo de camote donde no se observaron diferencias significativas entre plantas inoculadas con bacterias nitrificantes del género *Azospirillum* y plantas sin inocular.

Cuadro 13. Análisis de la Varianza (SC tipo III) para la variable Peso Promedio de Raíces total ( $\alpha \leq 0.05$ ).

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	13566.5	7	1938.07	12.39	0.0001
Tratamiento	13102.8	4	3275.7	20.94	<0.0001
Rep	463.71	3	154.57	0.99	0.4312
Error	1877.55	12	156.46		
Total	15444.06	19			

C.V.= 6.20%

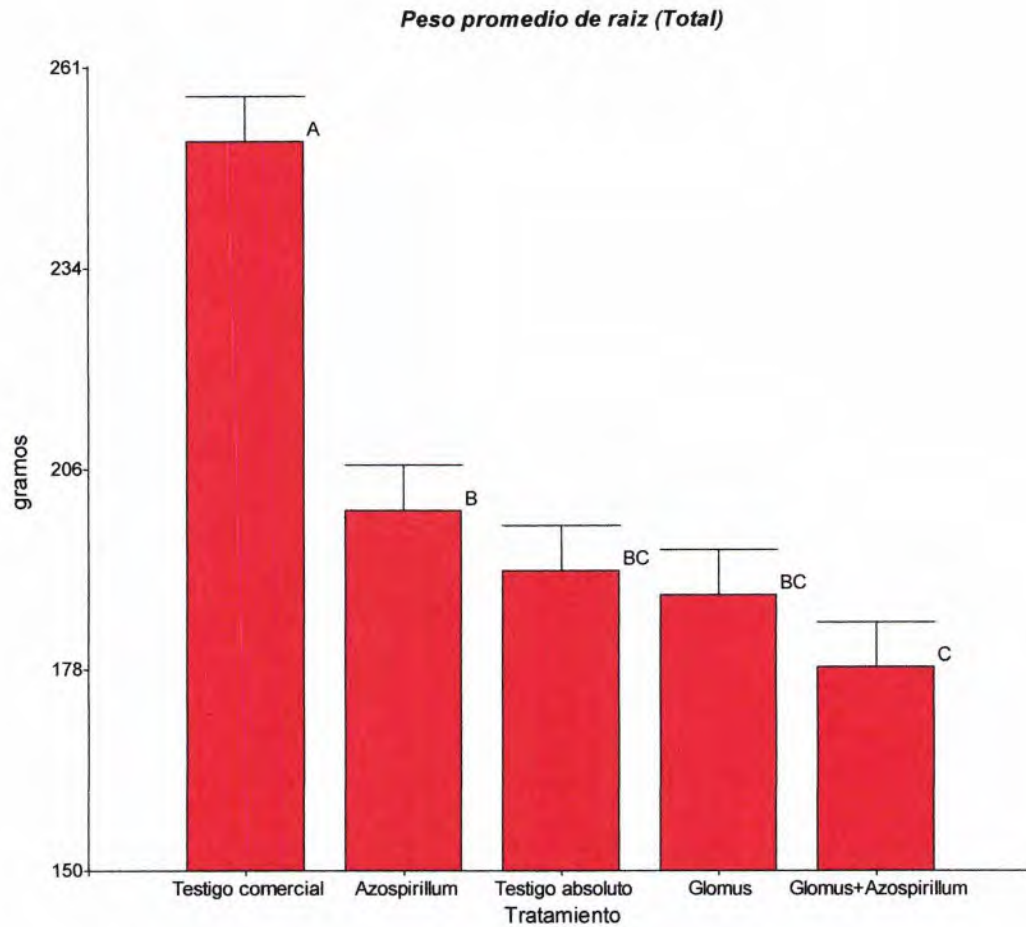


Figura 18. Prueba de Separación de Medias de Duncan (Alfa=0.05) para la variable Peso promedio de raíz (Total).

### Peso Promedio de Raíz Comercial

En el caso de la variable Peso Promedio de Raíz Comercial se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas ( $p < 0.0001$ ) entre los tratamientos (Cuadro 14). El tratamiento donde se utilizó únicamente la bacteria nitrificante del género *Azospirillum* fue superior a los tratamientos donde se implementó el hongo micorrízico, el conjunto de

biofertilizantes y el tratamiento testigo comercial, aunque no se observaron diferencias entre ellos (Cuadro 15).

Estos resultados muestran similitud a los reportados por Alarcón Zayas et al. (2008) en su ensayo en el cultivo de camote, donde encontró que las plantas inoculadas con biofertilizantes fueron estadísticamente superiores en el peso promedio de sus raíces reservantes comerciales en comparación de las plantas que no fueron inoculadas con biofertilizantes.

Cuadro 14. Análisis de la Varianza (SC tipo III) para la variable Peso Promedio de Raíz Comercial ( $\alpha \leq 0.05$ ).

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	147114.48	7	21016.35	38.26	<0.0001
Tratamiento	145893.88	4	36473.47	66.4	<0.0001
Rep	1220.6	3	406.87	0.74	0.548
Error	6591.78	12	549.32		
Total	153706.26	19			

C.V.=7.78%

Cuadro 15. Prueba de Separación de Medias de Duncan (Alfa=0.05) para la variable Peso Promedio de Raíz Comercial.

<b>Tratamiento</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	
Azospirillum	389.5	4	11.72	A
Glomus	331.7	4	11.72	B
Glomus+Azospirillum	329.25	4	11.72	B
Testigo comercial	317.58	4	11.72	B
Testigo absoluto	137.83	4	11.72	C

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

## Número de Raíces por hectárea

Para la variable Número de Raíces por hectárea se obtuvieron diferencias estadísticas altamente significativas ( $p < 0.0001$ ) entre los tratamientos (Cuadro 16). Los tratamientos de Glomus y Azospirillum en conjunto y el tratamiento de Glomus fueron superiores a los demás tratamientos y no mostraron diferencias estadísticas entre sí (Figura 19).

Estos resultados se asemejan a los encontrados por Yasmin et al. (2020) en su estudio con el cultivo de camote donde se encontró diferencias significativas en las plantas donde se utilizó Biofertilizante del género Azospirillum, las cuales produjeron mayor número de raíces reservantes por hectárea en comparación de las plantas sin biofertilizantes.

Cuadro 16. Análisis de la Varianza (SC tipo III) para la variable Número de Raíces por hectárea ( $\alpha \leq 0.05$ ).

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	5964816841	7	852116691	15.74	<0.0001
Tratamiento	5922809505	4	1480702376	27.35	<0.0001
Rep	42007335	3	14002445	0.26	0.8538
Error	649743709	12	54145309		
Total	6614560550	19			

C.V.=6.23%

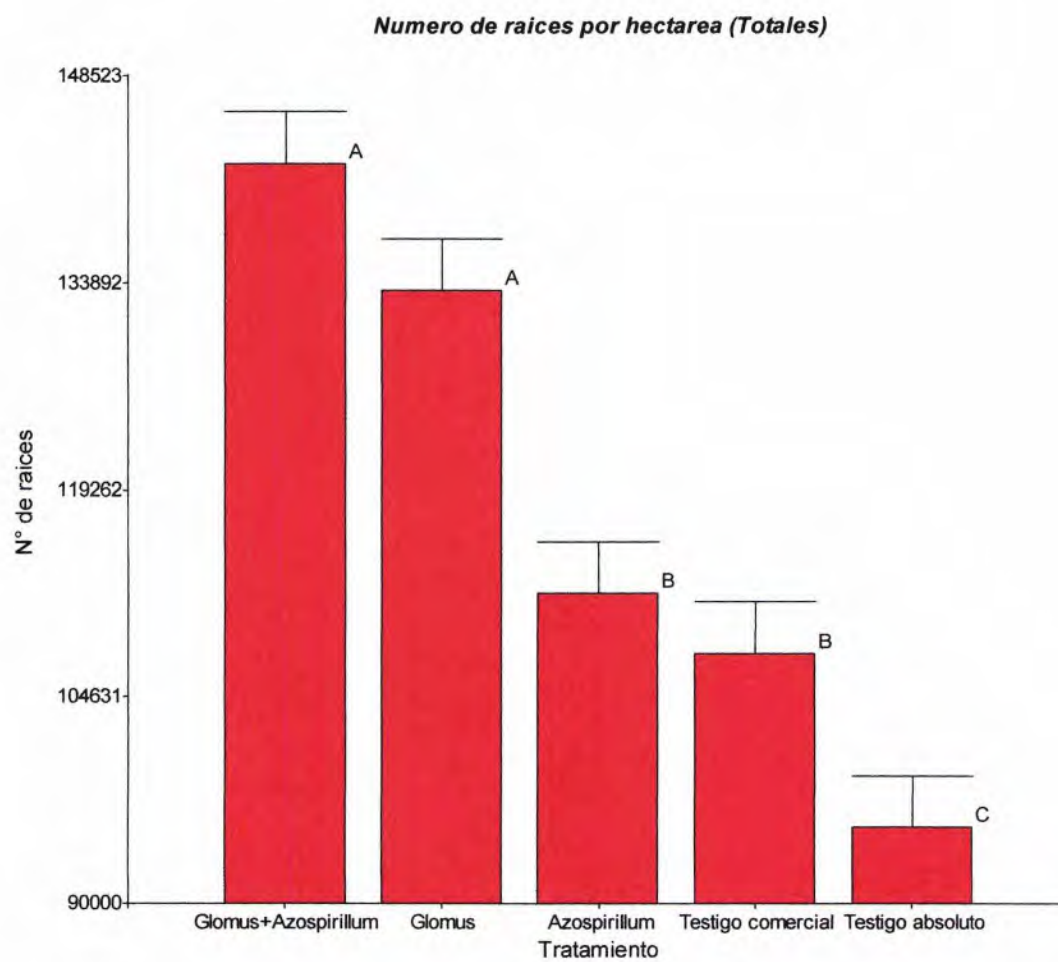


Figura 19. Prueba de Separación de Medias de Duncan (Alfa=0.05) para la variable Número de raíces por hectárea (Totales).



## Número de Raíces por hectárea (comerciales)

En el caso de la variable Número de Raíces Comerciales por hectárea fueron reportadas diferencias estadísticas altamente significativas ( $p < 0.0001$ ) entre los tratamientos (Cuadro 17). El tratamiento donde se implementaron ambos biofertilizantes en conjunto fue superior a los demás tratamientos al igual que el tratamiento del Biofertilizante del género *Glomus*, el cual a su vez no fue estadísticamente superior al tratamiento donde sólo se utilizó la fertilización química (Cuadro 18).

Éstos resultados guardan relación a los encontrados por Alarcón Zayas et al. (2008) en su ensayo en el cultivo de camote con el cultivar CEMSA 78-354 donde reportó un mayor número de raíces comerciales por hectárea en las plantas donde se inocularon biofertilizantes micorrízicos y bacterias nitrificantes en conjunto a comparación de las plantas que no recibieron inoculación.

Cuadro 17. Análisis de la Varianza (SC tipo III) para la variable Número de Raíces Comerciales por hectárea ( $\alpha \leq 0.05$ ).

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	2872428725	7	410346960	30.16	<0.0001
Tratamiento	2831215120	4	707803780	52.02	<0.0001
Rep	41213604	3	13737868	1.01	0.4222
Error	163262631	12	13605219		
Total	3035691356	19			

C.V.=6.37%

Cuadro 18. Prueba de Separación de Medias de Duncan (Alfa=0.05) para la variable Número de Raíces Comerciales por hectárea.

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Glomus+Azospirillum	69535.5	4	1844.26	A
Glomus	65833.25	4	1844.26	A B
Testigo comercial	63302.5	4	1844.26	B
Azospirillum	54439.25	4	1844.26	C
Testigo absoluto	36259.25	4	1844.26	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

## Biomasa

Para la variable Biomasa se encontró diferencias estadísticas altamente significativas ( $p < 0.0001$ ) entre los tratamientos (Cuadro 19). Los tratamientos donde se utilizó la micorriza, el conjunto de ambos Biofertilizantes y el tratamiento de la bacteria nitrificante fueron superiores a los demás tratamientos, sin embargo no se observaron diferencias estadísticas entre ellos (Figura 20).

Guarda relación a lo encontrado por Saad et al. (1999), donde se observó que la aplicación de cepas de *Azospirillum* demostraron aumentar la producción de biomasa con diferencias significativas a los tratamientos donde no se inoculó en el cultivo de camote en suelos arenosos. De igual manera, se asemeja a lo reportado por Terakado-Tonooka et al. (2013) en su ensayo con plantas de camote de los cultivares Beniazuma y Ayamurasaki donde las plantas inoculadas con biofertilizantes del género *Bradyrhizobium* fueron estadísticamente superiores a plantas sin inoculación.

Cuadro 19. Análisis de la Varianza (SC tipo III) para la variable Biomasa ( $\alpha \leq 0.05$ ).

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	290.24	7	41.46	23.95	<0.0001
Tratamiento	255.29	4	63.82	36.87	<0.0001
Rep	34.95	3	11.65	6.73	0.0065
Error	20.77	12	1.73		
Total	311.01	19			

C.V.=3.23%

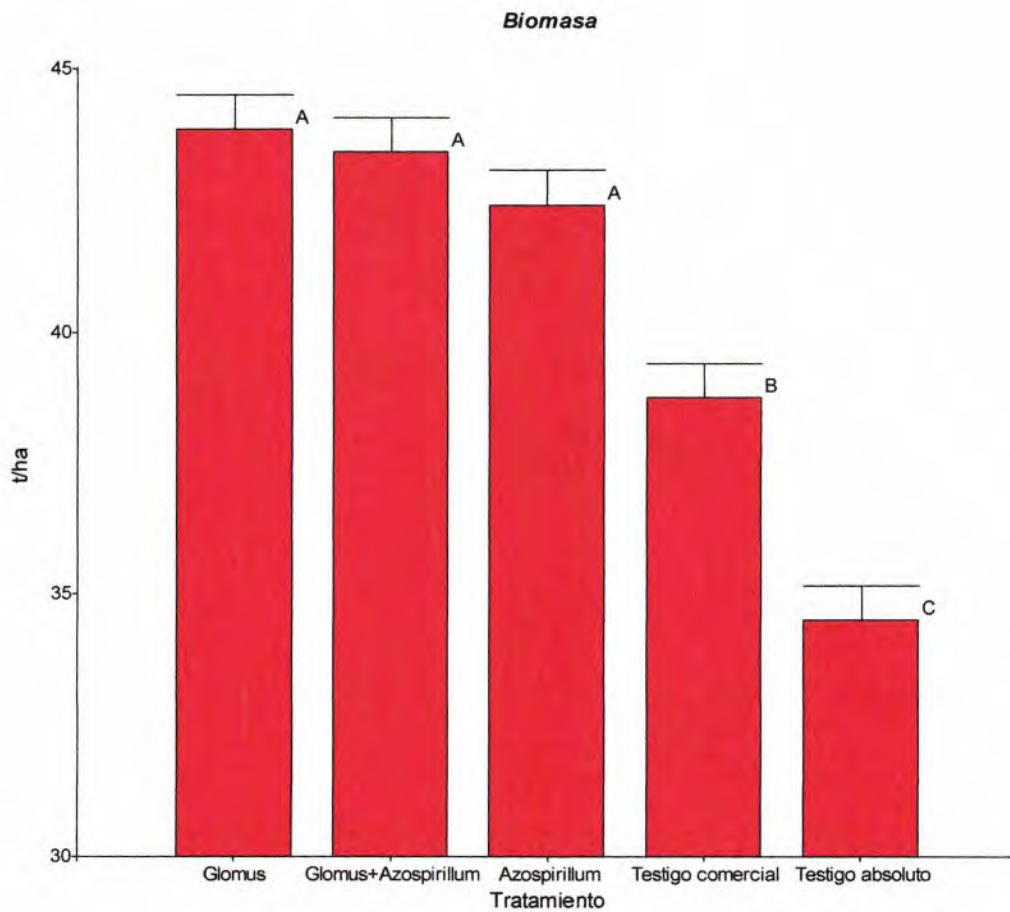


Figura 20. Prueba de Separación de Medias de Duncan (Alfa=0.05) para la variable Biomasa.

## Rendimiento total

En el caso de la variable Rendimiento Total se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas ( $p < 0.0001$ ) entre los tratamientos (Cuadro 20). El tratamiento donde sólo fue utilizada la fertilización química fue superior a los demás tratamientos donde se implementaron los biofertilizantes (Figura 21).

Estos resultados difieren de los reportados por Yasmin et al. (2007) en su ensayo donde no se observaron diferencias significativas en el rendimiento total por hectárea de plantas de camote donde fueron inoculadas con bacterias nitrificantes y plantas donde sólo se aplicó fertilización comercial sin biofertilizantes. De igual manera difieren de los resultados reportados por Séry et al. (2016) en su ensayo desarrollado en el cultivo de yuca, en el cual no se observaron diferencias significativas en el rendimiento total por hectárea de plantas inoculadas con micorrizas arbusculares y plantas sin inocular con fertilización química comercial. Por otra parte, guardan similitud a los reportados por González Acosta (2008) en su ensayo con clones de camote del cultivar INVIT B 98-2 donde el tratamiento comercial de sólo fertilización química fue estadísticamente superior al tratamiento de plantas inoculadas con hongos micorrízicos arbusculares.

Cuadro 20. Análisis de la Varianza (SC tipo III) para la variable Rendimiento Total (alfa 0.05).

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	189.1	7	27.01	80.5	<0.0001
Tratamiento	186.23	4	46.56	138.7	<0.0001
Rep	2.87	3	0.96	2.85	0.0822
Error	4.03	12	0.34		
Total	193.13	19			

C.V.=2.46%

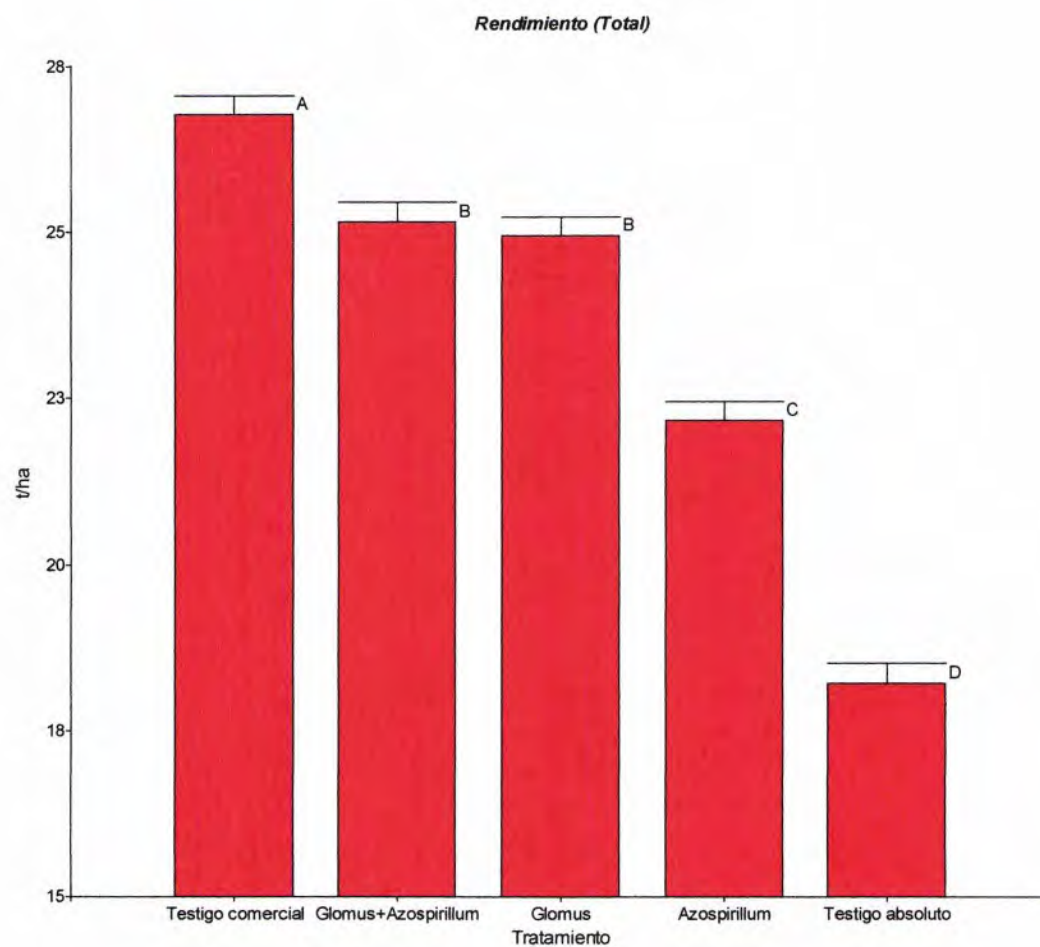


Figura 21. Prueba de Separación de Medias de Duncan (Alfa=0.05) para la variable Rendimiento (Total).

## Rendimiento Comercial

Para la variable Rendimiento Comercial se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas ( $p < 0.0001$ ) entre los tratamientos (Cuadro 21). La inoculación con micorrizas arbusculares y bacteria nitrificante en conjunto fue superior en el rendimiento de raíces comerciales (Tm/ha.) al igual que el tratamiento de sólo micorriza del género *Glomus* ante los demás tratamientos (Cuadro 22), lo cual guarda estrecha relación a lo encontrado por Sakha et al. (2019) en su ensayo donde fueron implementados hongos micorrízicos arbusculares de las especies *Rhizophagus irregularis*, *Funneliformis mosseae*, *Claroideoglomus claroideum* y *Claroideoglomus etunicatum* en los cultivares de camote Kemb-10 y Bungoma en suelos de textura Franco, ácidos, bien drenados y con bajo contenido de fósforo.

Muestra similitud a lo reportado por Sánchez-López et al. (2019) en un estudio donde se observó diferencias significativas en el rendimiento de plantas de camote inoculadas con biofertilizantes del género *Azotobacter* y *Azospirillum*, en los cuales mediante la actividad sinérgica aumentaron significativamente el rendimiento (Tm/ha.) en comparación a los tratamientos sin inoculación.

Cuadro 21. Análisis de la Varianza (SC tipo III) para la variable Rendimiento Comercial.

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	895.69	7	127.96	230.2	<0.0001
Tratamiento	886.66	4	221.67	398.8	<0.0001
Rep	9.03	3	3.01	5.4	0.0137
Error	6.67	12	0.56		
Total	902.36	19			

C.V.=4.10%

Cuadro 22. Prueba de Separación de Medias de Duncan (Alfa=0.05) para la variable Rendimiento Comercial.

<b>Tratamiento</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	
Glomus+Azospirillum	22.85	4	0.37	A
Glomus	21.78	4	0.37	A B
Azospirillum	21.18	4	0.37	B C
Testigo comercial	20.08	4	0.37	C
Testigo absoluto	4.98	4	0.37	D

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

## Índice de Cosecha

En el caso de la variable Índice de Cosecha se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas ( $p < 0.0001$ ) entre los tratamientos (Cuadro 23). Las plantas inoculadas con la bacteria nitrificante del género Azospirillum solamente y en conjunto con la micorriza del género Glomus mostraron mayor índice de cosecha en comparación a los demás tratamientos (Figura 22). Los resultados muestran similitud a los reportados por Sheth et al. (2018) en su ensayo, donde se observó diferencias significativas entre los tratamientos con biofertilizantes y sin biofertilizantes en el cultivo de camote con un mayor índice de cosecha para las plantas que recibieron aplicaciones en drench con biofertilizantes.

Cuadro 23. Análisis de la Varianza (SC tipo III) para la variable Índice de Cosecha ( $\alpha \leq 0.05$ ).

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1654.37	7	236.3	125.6	<0.0001
Tratamiento	1647.05	4	411.7	218.9	<0.0001
Rep	7.32	3	2.4	1.3	0.3204
Error	22.58	12	1.9		
Total	1676.95	19			

C.V.=5.0%

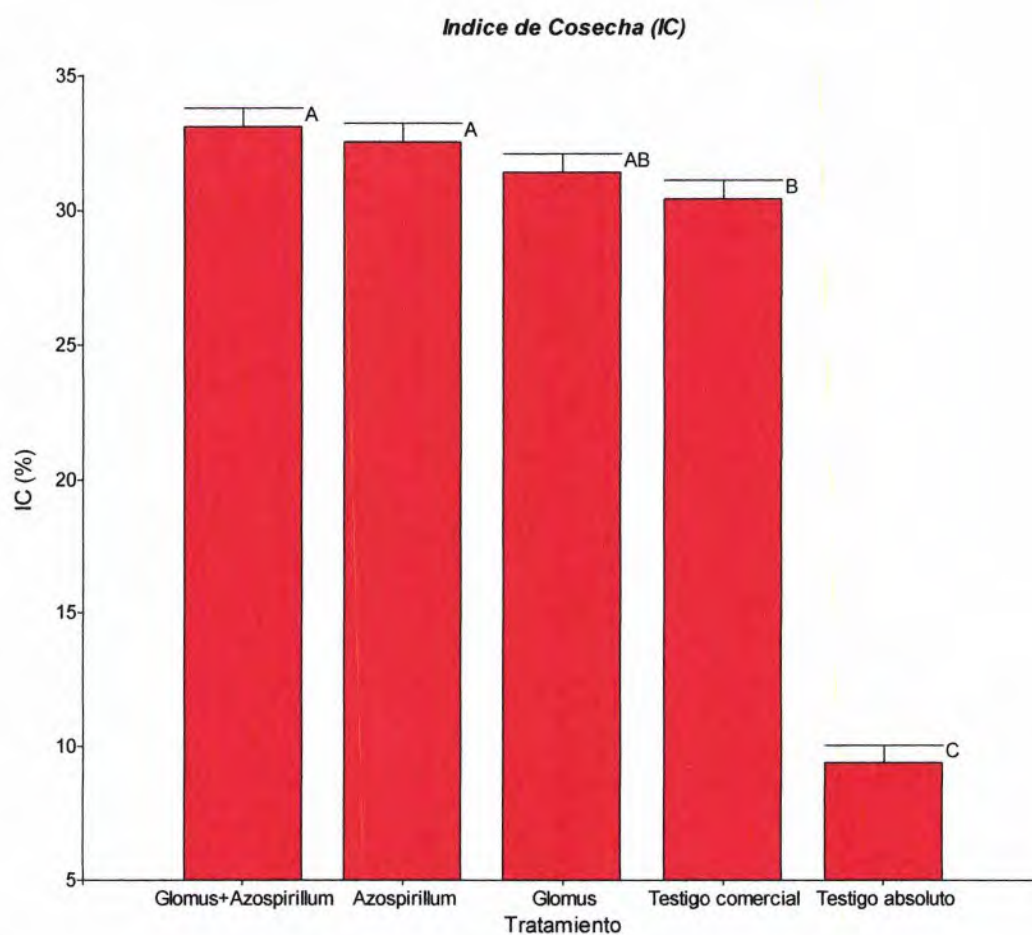


Figura 22. Prueba de Separación de Medias de Duncan (Alfa=0.05) para la variable Índice de Cosecha (IC).



## Nitrógeno Foliar

Para la variable Nitrógeno Foliar se observaron diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos (Cuadro 24). Las plantas inoculadas con la bacteria nitrificante del género *Azospirillum* solamente y en conjunto con la micorriza del género *Glomus* mostraron mayor extracción de nitrógeno foliar en comparación a los demás tratamientos (Cuadro 25). Se observan resultados similares a los reportados por Espinosa Cuellar et al. (2015) en su ensayo utilizando los clones de camote INIVIT B2-2005 y CEMSA 78-354, en el cual encontraron diferencias significativas en cuanto al rendimiento en comparación a las plantas que no fueron inoculadas, a una dosis de aplicación de nitrógeno de 60 kg./ha.

Cuadro 24. Análisis de la Varianza (SC tipo III) para la variable Nitrógeno Foliar ( $\alpha \leq 0.05$ ).

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	1895.63	7	270.8	4.09	0.016
Tratamiento	1755.78	4	438.94	6.64	0.0047
Rep	139.86	3	46.62	0.7	0.5672
Error	793.68	12	66.14		
Total	2689.31	19			

C.V. 6.88%

Cuadro 25. Prueba de Separación de Medias de Duncan (Alfa=0.05) para la variable Nitrógeno Foliar.

<b>Tratamiento</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	
Glomus+Azospirillum	132.05	4	4.07	A
Azospirillum	122.63	4	4.07	A B
Testigo comercial	117.23	4	4.07	B
Glomus	115.45	4	4.07	B C
Testigo absoluto	103.4	4	4.07	C

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

## Fósforo Foliar

Para la variable Extracción de Fósforo Foliar se observaron diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos (Cuadro 26). Las plantas inoculadas con la bacteria nitrificante *Azospirillum* en conjunto con la micorriza del género *Glomus* mostraron mayor extracción de fósforo foliar en comparación a los demás tratamientos (Figura 23).

Estos resultados son similares a los reportados por Mukhongo et al. (2017) en su ensayo realizado en el cultivo de camote donde se observaron diferencias estadísticamente significativas en la extracción de fósforo en los órganos aéreos de plantas de camote con aplicación de biofertilizantes (bacterias nitrificantes y hongos micorrízicos).

Cuadro 26. Análisis de la Varianza (SC tipo III) para la variable Fósforo Foliar ( $\alpha \leq 0.05$ ).

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	409.08	7	58.44	27.79	<0.0001
Tratamiento	405.82	4	101.45	48.24	<0.0001
Rep	3.27	3	1.09	0.52	0.6778
Error	25.24	12	2.1		
Total	434.32	19			

C.V. 6.91%

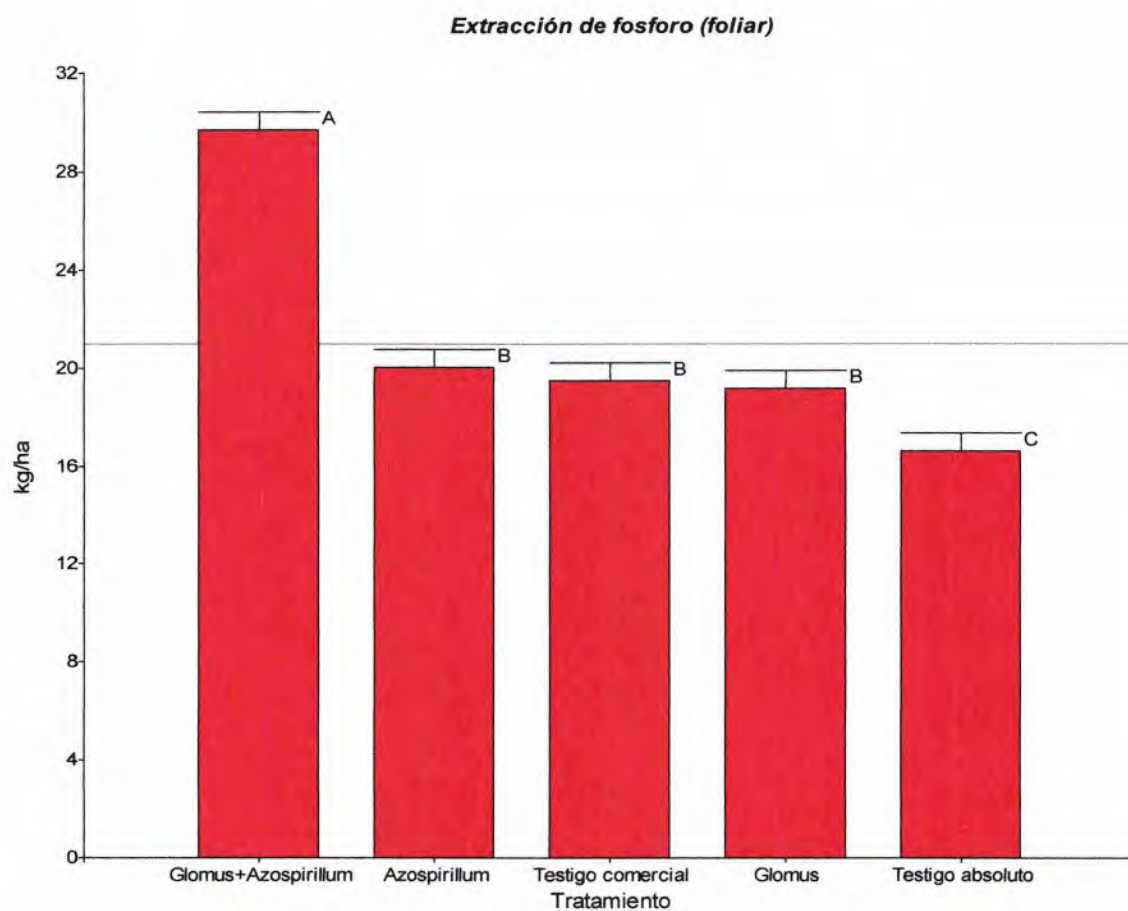


Figura 23. Prueba de Separación de Medias de Duncan (Alfa=0.05) para la variable Extracción de fósforo (foliar).

## Potasio Foliar

Para la variable Potasio Foliar se observaron diferencias estadísticas altamente significativas ( $p < 0.0001$ ) entre los tratamientos (Cuadro 27). Las plantas inoculadas con la bacteria nitrificante del género *Azospirillum* mostraron mayor extracción de potasio foliar en comparación a los demás tratamientos (Cuadro 28).

Estos resultados difieren a los reportados por Mukhongo et al. (2017) en su ensayo donde no se observaron diferencias significativas en la extracción de potasio foliar en plantas con inoculación de biofertilizantes y plantas sin inocular. De igual manera difieren de los resultados encontrados por Ariza González et al. (2019) en su ensayo con plantas de camote del cultivar Tainung-66, el mismo del presente estudio, donde no hubo diferencias significativas entre las plantas con inoculación de biofertilizantes y plantas sin inocular.

Cuadro 27. Análisis de la Varianza (SC tipo III) para la variable Potasio Foliar ( $\alpha \leq 0.05$ ).

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	41408.62	7	5915.5	66.14	<0.0001
Tratamiento	41249.18	4	10312	115.29	<0.0001
Rep.	159.44	3	53.15	0.59	0.6307
Error	1073.33	12	89.44		
Total	42481.95	9			

C.V. 7.27%

Cuadro 28. Prueba de Separación de Medias de Duncan (Alfa=0.05) para la variable Potasio Foliar.

<b>Tratamiento</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	
Azospirillum	190.8	4	4.73	A
Testigo comercial	151.7	4	4.73	B
Glomus+Azospirillum	145.33	4	4.73	B
Glomus	105.3	4	4.73	C
Testigo absoluto	57.2	4	4.73	D

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

## Extracción de Nitrógeno en raíz reservante

Para la variable Extracción de Nitrógeno en Raíz Reservante se observaron diferencias estadísticas altamente significativas ( $p < 0.0001$ ) entre los tratamientos (Cuadro 29). Las plantas inoculadas con biofertilizantes y el tratamiento comercial fueron superiores al tratamiento de testigo absoluto (Figura 24).

Estos resultados muestran similitud a los reportados por Paula et al. (1992), donde no se observan diferencias significativas en la extracción de nitrógeno de raíces reservantes de camote en el ensayo donde se comparan plantas con inoculación de biofertilizantes y plantas sin inocular.

Cuadro 29. Análisis de la Varianza (SC tipo III) para la variable Nitrógeno en raíz reservante ( $\alpha \leq 0.05$ ).

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	7288.46	7	1041.2	12.06	0.0001
Tratamiento	6020.19	4	1505.1	17.44	0.0001
Rep.	1268.27	3	422.76	4.9	0.019
Error	1035.78	12	86.31		
Total	8324.24	19			

**C.V. 11.13%**

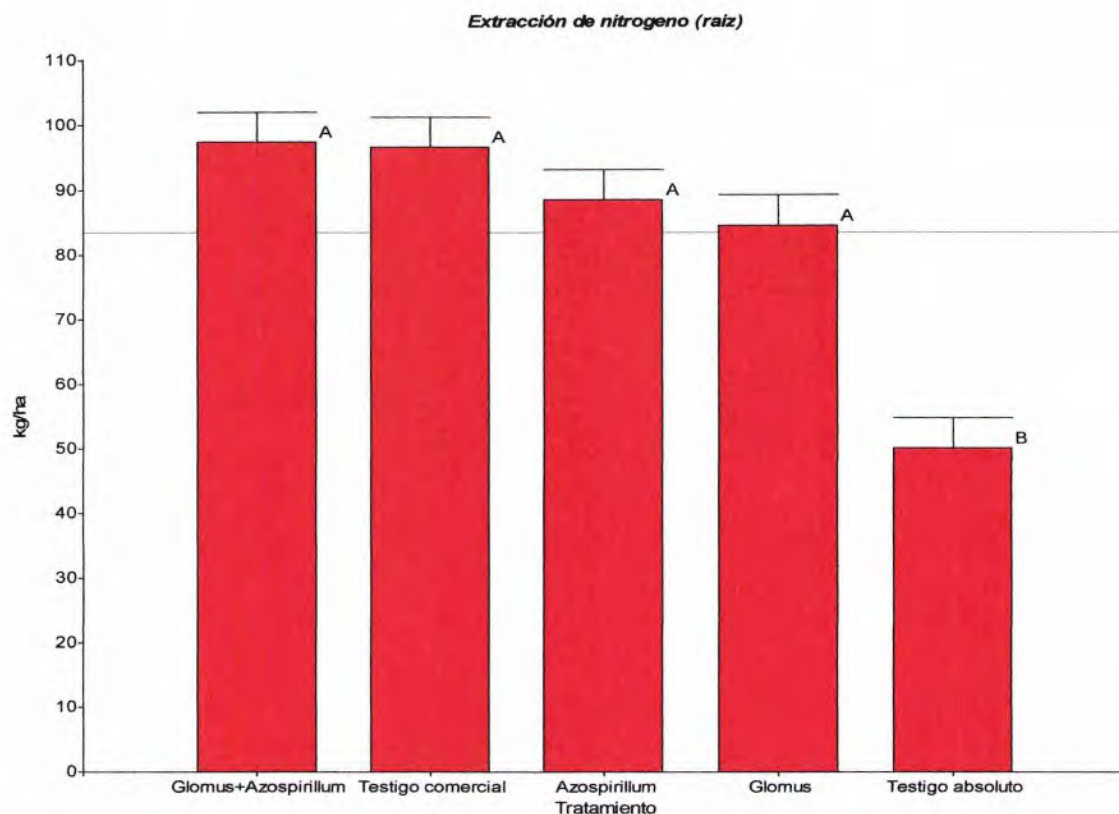


Figura 24. Prueba de Separación de Medias de Duncan (Alfa=0.05) para la variable Extracción de nitrógeno (raíz).

### Extracción de Fósforo en raíz reservante

Para la variable Extracción de Fósforo en Raíz Reservante se observaron diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos (Cuadro 30). Las plantas inoculadas con el hongo micorrízico del género *Glomus* solamente y en conjunto con la bacteria del género *Azospirillum*, al igual que el tratamiento comercial sin biofertilizantes, mostraron mayor fósforo extraído en raíz reservante en comparación a los demás tratamientos (Cuadro 31). Estos resultados muestran similitud a los reportados por Paula et al. (1992), donde no se observan diferencias significativas en el contenido de

fósforo de raíces reservantes de camote en el ensayo donde se comparan plantas con inoculación de biofertilizantes y plantas sin inocular.

Cuadro 30. Análisis de la Varianza (SC tipo III) para la variable Fósforo en raíz reservante ( $\alpha \leq 0.05$ ).

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	68.35	7	9.76	6.61	0.0024
Tratamiento	44.9	4	11.22	7.59	0.0027
Rep	23.45	3	7.82	5.29	0.0148
Error	17.74	12	1.48		
Total	86.09	19			

C.V. 10.40%

Cuadro 31. Prueba de Separación de Medias de Duncan (Alfa=0.05) para la variable Extracción de Fósforo en Raíz Reservante.

<b>Tratamiento</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	
Glomus+Azospirillum	13.68	4	0.61	A
Glomus	12.48	4	0.61	A
Testigo comercial	12.4	4	0.61	A
Azospirillum	10.28	4	0.61	B
Testigo absoluto	9.65	4	0.61	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

## Extracción Potasio en raíz reservante

Para la variable Extracción de Potasio en raíz reservante se observaron diferencias estadísticas altamente significativas ( $p < 0.0001$ ) entre los tratamientos (Cuadro 32). Las plantas inoculadas con la micorriza del género *Glomus* solamente y el tratamiento comercial sin biofertilizantes mostraron mayor extracción de potasio en raíz reservante en comparación a los demás tratamientos (Figura 25).

Estos resultados difieren a los reportados por Yasmin et al. (2007) en su ensayo en el cultivo de camote donde no se observaron diferencias significativas en el contenido de extracción de potasio en raíz reservante de plantas inoculadas con el Biofertilizante *Azospirillum* y plantas sin inoculación de biofertilizantes.

Cuadro 32. Análisis de la Varianza (SC tipo III) para la variable Potasio en raíz reservante ( $\alpha \leq 0.05$ ).

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	33597.82	7	4800	20.93	<0.0001
Tratamiento	31016.94	4	7754	33.81	<0.0001
Rep	2580.88	3	860.3	3.75	0.0413
Error	2752.03	12	229.3		
Total	36349.85	19			

C.V. 12.74%



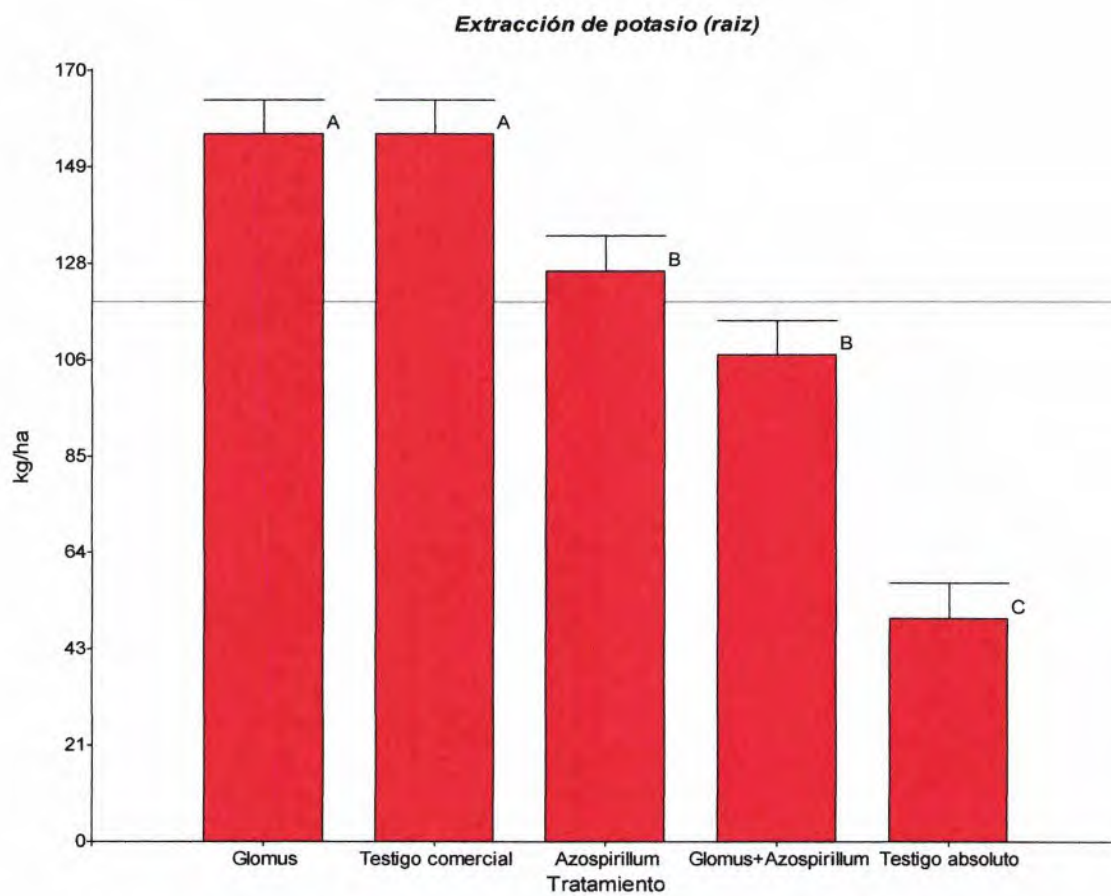


Figura 25. Prueba de Separación de Medias de Duncan (Alfa=0.05) para la variable Extracción de potasio (raíz).

## Extracción de Nitrógeno total

Para la variable Nitrógeno Total se observaron diferencias estadísticas altamente significativas ( $p < 0.0001$ ) entre los tratamientos (Cuadro 33). Las plantas inoculadas con la bacteria nitrificante del género *Azospirillum* en conjunto con la micorriza del género *Glomus* mostraron mayor extracción de nitrógeno total en comparación a los demás tratamientos, a pesar de que no se observó diferencias entre éste y el tratamiento comercial sin biofertilizantes (Cuadro 34).

Estos resultados muestran similitud a los reportados por Farzana y Radizah (2005) en su ensayo con plantas de camote del cultivar “melaka”, donde no se observaron diferencias significativas entre el tratamiento control sin inoculación y las plantas inoculadas con bacterias nitrificantes del género *Azospirillum* en el total de extracción de nitrógeno en planta.

Cuadro 33. Análisis de la Varianza (SC tipo III) para la variable Extracción de Nitrógeno total ( $\alpha \leq 0.05$ ).

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	14986.93	7	2141	18.49	<0.0001
Tratamiento	13303.21	4	3326	28.73	<0.0001
Rep	1683.72	3	561.2	4.85	0.0196
Error	1389.27	12	115.8		
Total	16376.21	19			

C.V. 5.34%

Cuadro 34. Prueba de Separación de Medias de Duncan (Alfa=0.05) para la variable Nitrógeno total.

<b>Tratamiento</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	
Glomus+Azospirillum	229.45	4	5.38	A
Testigo comercial	213.83	4	5.38	A B
Azospirillum	211.2	4	5.38	B
Glomus	200.13	4	5.38	B
Testigo absoluto	153.58	4	5.38	C

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

## Extracción de Fósforo total

Para la variable Extracción de Fósforo total se observaron diferencias estadísticas altamente significativas ( $p < 0.0001$ ) entre los tratamientos (Cuadro 35). Las plantas inoculadas con la bacteria nitrificante del género Azospirillum en conjunto con la micorriza del género Glomus, mostraron mayor extracción de fósforo total en comparación a los demás tratamientos (Figura 26).

Cuadro 35. Análisis de la Varianza (SC tipo III) para la variable Extracción de Fósforo total ( $\alpha \leq 0.05$ ).

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	686.75	7	98.11	37.53	<0.0001
Tratamiento	650.64	4	162.7	62.22	<0.0001
Rep	36.11	3	12.04	4.6	0.0229
Error	31.37	12	2.61		
Total	718.12	19			

C.V. 4.94%

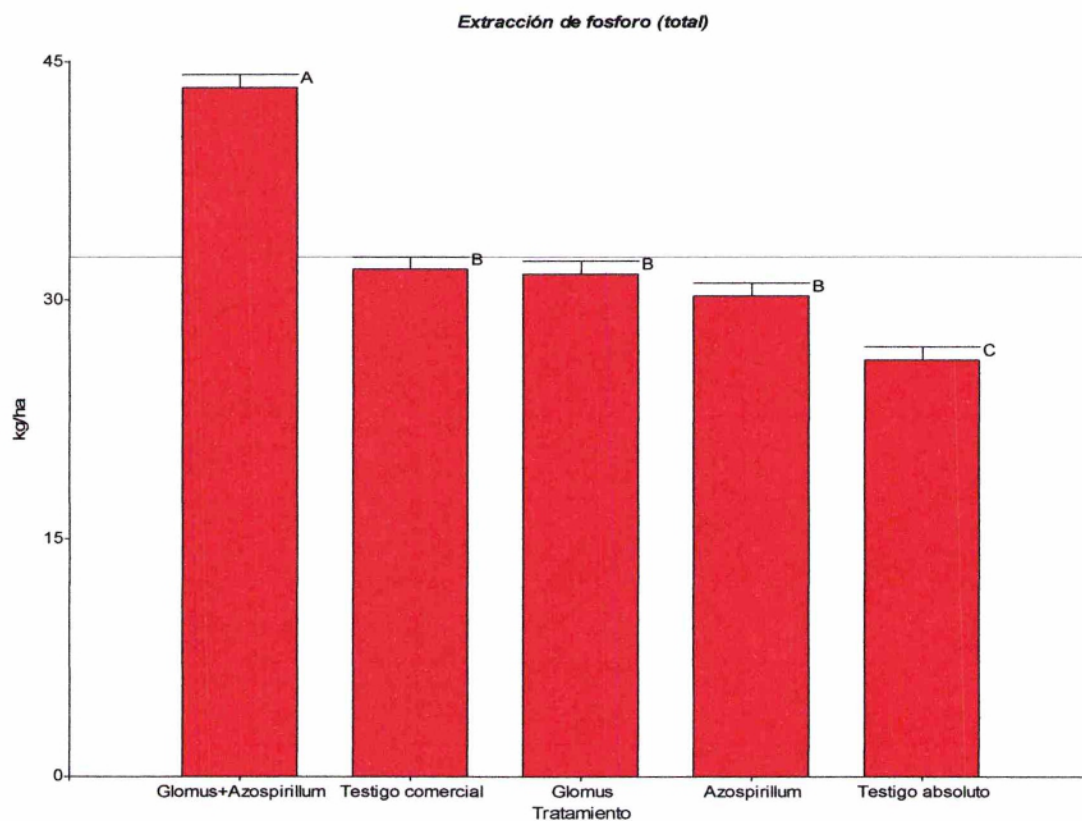


Figura 26. Prueba de Separación de Medias de Duncan (Alfa=0.05) para la variable Extracción de fósforo (total).

## Extracción de Potasio total

Para la variable Extracción de Potasio Total se observaron diferencias estadísticas altamente significativas ( $p < 0.0001$ ) entre los tratamientos (Cuadro 36). Las plantas inoculadas con la bacteria nitrificante del género *Azospirillum* solamente y el tratamiento de fertilización comercial sin biofertilizantes mostraron mayor extracción de potasio total en comparación a los demás tratamientos (Cuadro 37).

Estos resultados difieren a los reportados por Farzana y Radizah (2005) en su ensayo con plantas de camote del cultivar “oren”, donde la plantas inoculadas con la bacteria nitrificante del género *Azospirillum* mostró mayor extracción de potasio total en la planta en comparación de las plantas del tratamiento control sin inoculación con diferencias significativas.

Cuadro 36. Análisis de la Varianza (SC tipo III) para la variable Extracción de Potasio total ( $\alpha \leq 0.05$ ).

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	117274.67	7	16754	72.47	<0.0001
Tratamiento	113834.85	4	28459	123.1	<0.0001
Rep	3439.82	3	1147	4.96	0.0182
Error	2774.15	12	231.2		
Total	120048.82	19			

C.V. 6.11%

Cuadro 37. Prueba de Separación de Medias de Duncan (Alfa=0.05) para la variable Extracción de Potasio total.

<b>Tratamiento</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	
Azospirillum	316.65	4	7.6	A
Testigo comercial	307.65	4	7.6	A
Glomus	261.3	4	7.6	B
Glomus+Azospirillum	252.65	4	7.6	B
Testigo absoluto	106.6	4	7.6	C

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

## Análisis de Componentes Principales

### VARIABLES DE PRODUCCIÓN

La grafica biplot del Análisis de Componentes Principales (Figura 27) explica el 89.6% de la varianza del experimento. En el ACP se observa que el tratamiento donde fue implementada la bacteria nitrificante *Azospirillum brasilense* se agrupa con las variables índice de cosecha, peso de raíz comercial, número de raíces comerciales por plantas, rendimiento comercial por hectárea, raíces comerciales por hectárea y el índice de vegetación de diferencia normalizada; todas variables de interés para el presente estudio, las cuales reafirman el supuesto de que la implementación de biofertilizantes mejora la productividad del cultivo de camote.

Dichos resultados guardan relación a los encontrados en este mismo estudio en el coeficiente de Correlación Pearson, donde podemos observar correlación negativa entre las variables de producción y la variable Temperatura del cultivo ( $T^{\circ}$ ), por lo cual se puede inferir que a mayor temperatura, las plantas poseen menor rendimiento comercial, menor número de raíces comerciales por planta, menor peso de raíces comerciales por planta, entre otras.

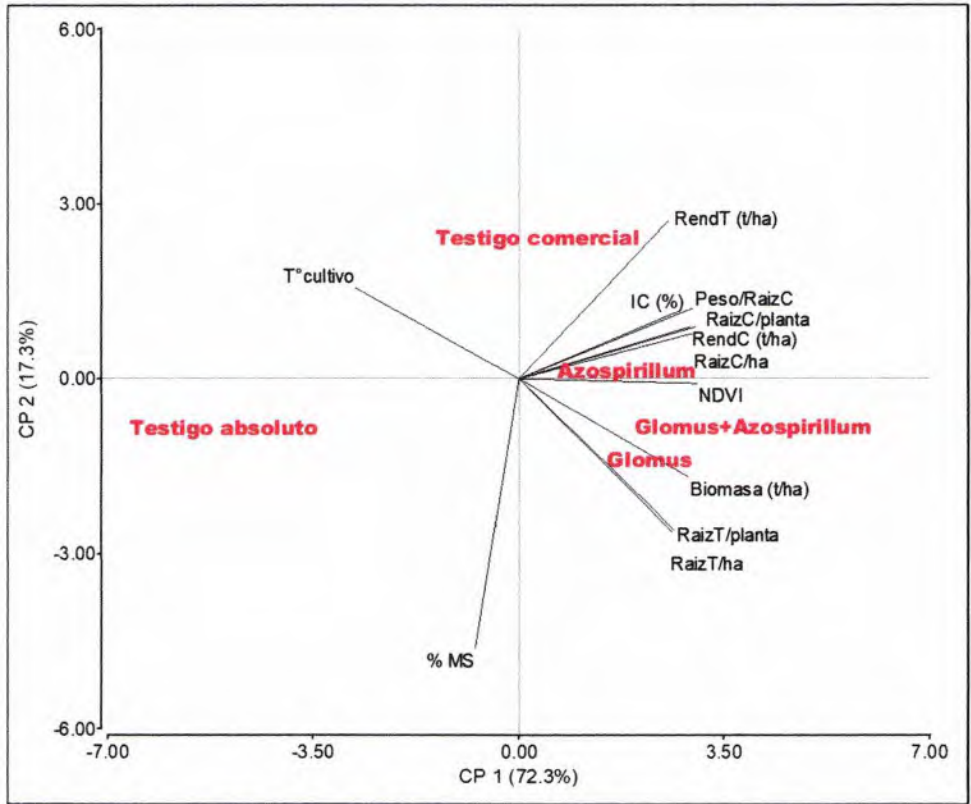


Figura 27. Gráfica biplot del Análisis de Componentes Principales para las variables de producción.

## VARIABLES DE EXTRACCIÓN DE NUTRIENTES

La grafica biplot del Análisis de Componentes Principales (Figura 28) explica el 91.6% de la varianza del experimento. En el ACP se observa que el tratamiento donde fueron implementados ambos biofertilizantes en conjunto, se agrupan con las variables fósforo foliar, fósforo en raíz reservante, fósforo total y nitrógeno foliar; por otra parte, los tratamientos con *A. brasilense* y *G. intrarradices* individualmente se agrupan con las variables potasio foliar, potasio en raíz reservante y potasio total; todas variables de interés para el presente estudio, las cuales reafirman el supuesto de que la implementación de biofertilizantes mejora la productividad del cultivo de camote.

Dichos resultados guardan relación a los encontrados en este mismo estudio en el coeficiente de Correlación Pearson, donde podemos observar correlación negativa entre las variables de producción y la variable Temperatura del cultivo ( $T^{\circ}$ ), de lo que se puede inferir que a mayor temperatura las plantas poseen menor rendimiento comercial, menor número de raíces comerciales por planta, menor peso de raíces comerciales por planta, entre otras.



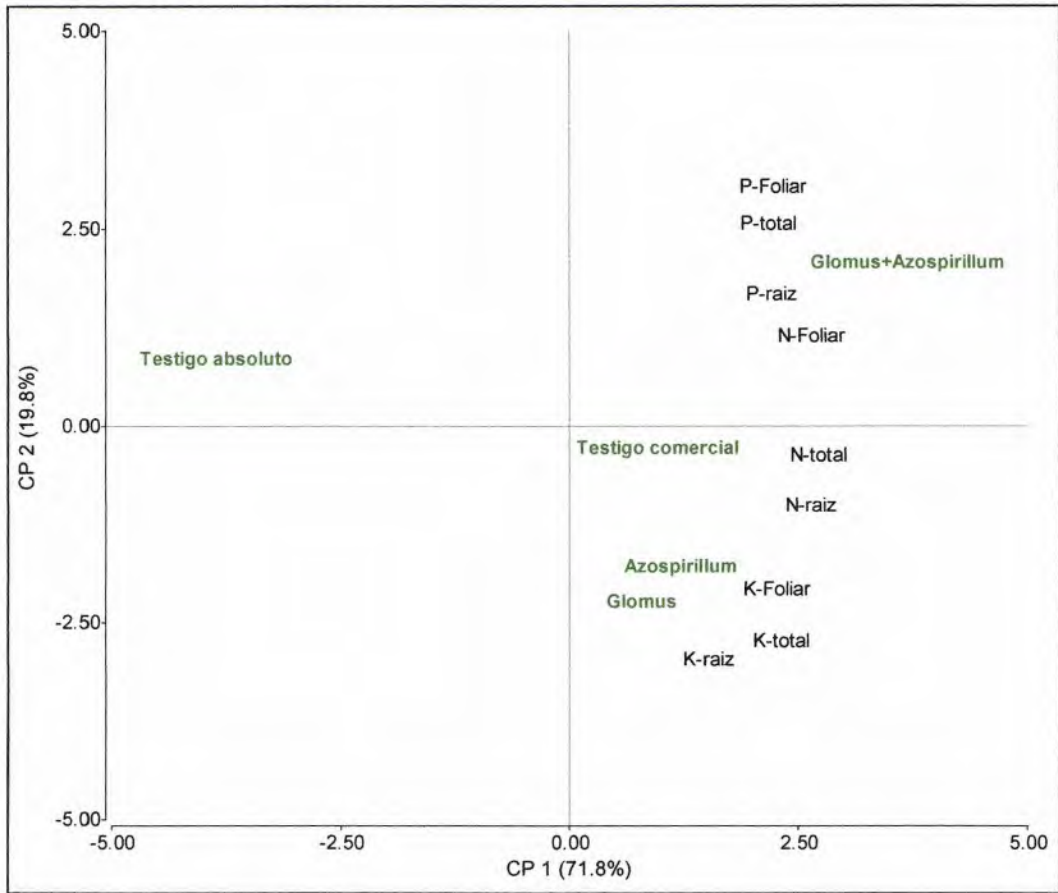


Figura 28. Gráfica biplot del Análisis de Componentes Principales para las variables de extracción de nutrientes.

## Análisis de Presupuesto Parcial

El tratamiento de plantas inoculadas con ambos biofertilizantes mostró un mayor beneficio neto (Figura 29) en comparación con los demás tratamientos; sin embargo, es posible indicar que el mayor beneficio neto marginal se observa al pasar del tratamiento de testigo absoluto al testigo comercial.

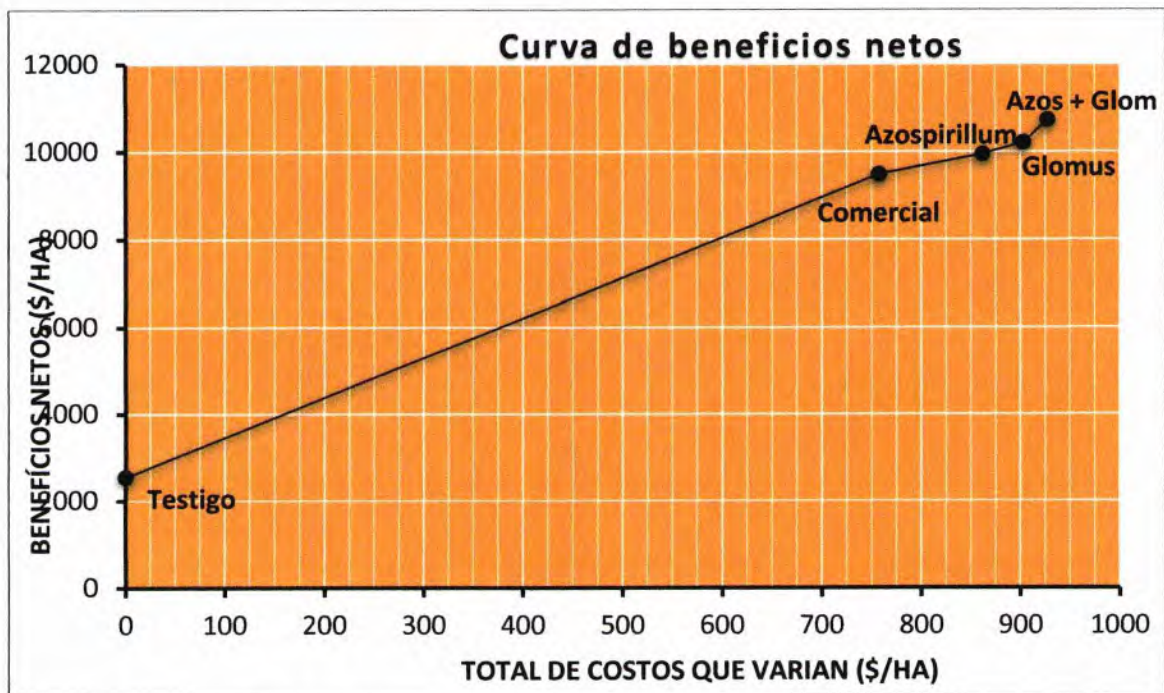


Figura 29. Curva de Beneficios Netos de los tratamientos.

## Tasa de Retorno Marginal

El análisis de Retorno Marginal de los tratamientos muestra que la utilización de los hongos micorrízicos del género *Glomus* en conjunto con las bacterias nitrificantes *Azospirillum*, ofrecen una tasa de retorno marginal superior a los demás tratamientos, resultando en una tasa de \$21.02 de retorno por cada \$1 invertido (Cuadro 38).

Muestra relación a lo encontrado por Byju y Ravindran (2009) donde la aplicación de bacterias nitrificantes del género *Azospirillum*, a pesar del aumento en el costo de producción, demostró la mejor relación beneficio-costos con diferencias significativas a los tratamientos donde no fue aplicado. De igual manera, estos resultados se asemejan a los reportados por Alarcón Zayas et al. (2008) en su ensayo con clones de camote del cultivar CEMSA 78-354, los cuales a pesar de que los tratamientos con biofertilizantes de bacterias nitrificantes y micorrizas arbusculares presentaron un mayor costo, se obtuvo a su vez un mayor retorno por su implementación a comparación de los tratamientos sin inóculo de biofertilizantes.

Cuadro 38. Análisis de Retorno Marginal de los tratamientos.

Tratamiento	Análisis de Retorno Marginal		Tasa de retorno marginal
	Costos que varían	Beneficio neto	
Sin Fertilizante	0.00	2539.80	
Comercial	757.50	9483.30	9.17
Azospirillum	862.28	9939.52	4.35
Glomus	902.72	10205.08	6.57
Glomus + Azospirillum	927.50	10726.00	21.02

## IV. Conclusiones y Recomendaciones

### Conclusiones

- La temperatura del cultivo denota la capacidad de los biofertilizantes en reducir el estrés de las plantas ocasionado por los factores bióticos y abióticos.
- Existe una correlación positiva entre la utilización de las bacterias nitrificantes *Azospirillum brasilense* y las variables de interés comercial productivo.
- La implementación del conjunto de biofertilizantes suponen una tecnología que incrementa el retorno marginal en la producción de camote del cultivar Tainung-66.
- Las aplicaciones de biofertilizantes micorrízicos y bacterias nitrificantes mostraron un aumento en la mayoría de las variables de producción evaluadas en este ensayo.

### Recomendaciones

- Medir la colonización de los biofertilizantes en el suelo.
- Medir el contenido nutricional de las plantas sometidas a los tratamientos.
- Realizar esta evaluación con variedades de interés de exportación.

## V. Referencias

- Alarcón Zayas, A., Morales León, J. Á., Oliva Jaume, E., Vega Brizuela, Á. y Boicet Fabré, T. (2008). Efecto de la aplicación de *Azotobacter chroococcum* y *Glomus* sp en el cultivo del boniato (*Ipomea batatas* (L), Lam). *Revista Electrónica Granma Ciencia*, 12(2).
- Andrade Torres, A. (2010). MICORRIZAS: antigua interacción entre plantas y hongos. *Ciencia - Academia Mexicana De Ciencias*, 61(4), 84–90.
- Ariza González, A. R., Jarma Orozco, A. D. j., Pérez Pazos, J. V. y Sánchez López, D. B. (2019). Efecto de bacterias promotoras del crecimiento en la fertilización de la batata (*Ipomoea batatas* Lam). *Temas Agrarios*, 24(2), 147–157. <https://doi.org/10.21897/rta.v24i2.2116>
- Basurto, F., Martínez, D., Rodríguez, T., Evangelista, V., Mendoza, M., Castro, D., González, J. C. y Vaylón, V. (2015). CONOCIMIENTO ACTUAL DEL CULTIVO DE CAMOTE (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) EN MÉXICO. *Agroproductividad*, 8(1), 30–34.
- Begum, N., Qin, C., Ahanger, M. A., Raza, S., Khan, M. I., Ashraf, M., Ahmed, N. y Zhang, L. (2019). Role of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Plant Growth Regulation: Implications in Abiotic Stress Tolerance. *Frontiers in Plant Science*, 10, 1068. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01068>
- Blanco, F. A. y Salas, E. A. (1997). MICORRIZAS EN LA AGRICULTURA: CONTEXTO MUNDIAL E INVESTIGACION REALIZADA EN COSTA RICA. *Agronomía Costarricense*, 1(21), 55–67.

- Byju, G. y George, J. (2005). Potassium nutrition of sweet potato. *Advances in Horticultural Science*, 19(4), 221–239.
- Byju, G. y Ravindran, C. S. (2009). Effect of Azospirillum in increasing yield and nitrogen use efficiency of sweet potato cultivation in India. *Advances in Horticultural Science*, 23(4), 254–258.
- Camarena-Gutiérrez, G. (2012). INTERACCIÓN PLANTA-HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales Y Del Ambiente*, XVIII(3), 409–421. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2011.11.093>
- CIMMYT. (1988). *La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: un manual metodológico de evaluación económica*. México. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo.
- Cruz Ramírez, L. G., Díaz Mejía, J. J., Peñate Urrutia, O. R. y Romero García, J. S. (1998). *EVALUACIÓN DE TRES DISTANCIAMIENTOS DE SIEMBRA SOBRE EL RENDIMIENTO DE CINCO VARIEDADES DE CAMOTE (Ipomoea batatas) EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL Y DE PRÁCTICAS [Tesis]*. Universidad de El Salvador, El Salvador.
- Espinosa Cuellar, A., Ruiz Martínez, L., Rivera Espinosa, R. y Espinoza Cuellar, E. (2015). *Efecto del Nitrógeno y hongos micorrízicos arbusculares en dos clones comerciales de boniato sobre un suelo Pardo mullido carbonatado*.
- FAO. (2020). *El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2020*. FAO. <https://doi.org/10.4060/cb1447es>

- Farzana, Y. y Radizah, O. (2005). Influence of Rhizobacterial Inoculation on Growth of the Sweetpotato Cultivar. *American Journal of Biochemistry & Biotechnology*, 1(3), 176–179.
- Fernandes, A. M. y Ribeiro, N. P. (2020). Mineral nutrition and fertilization of sweet potato. *Científica*, 48(4), 325–338. <https://doi.org/10.15361/1984-5529.2020v48n4p325-338>
- Firon, N., LaBonte, D., Villordon, A., McGregor, C., Kfir, Y. y Pressman, E. (2009). Botany and Physiology: Storage Root Formation and Development. En G. Loebenstein y G. Thottappilly (Eds.), *The Sweetpotato* (pp. 13–26). Springer Netherlands. [https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9475-0\\_3](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9475-0_3)
- Folquer, F. (1978). *La batata (camote): estudio de la planta y su producción comercial. Serie Libros y Materiales Educativos (IICA)*. Editorial Hemisferio Sur.
- Fukami, J., Cerezini, P. y Hungria, M. (2018). Azospirillum: Benefits that go far beyond biological nitrogen fixation. *AMB Express*, 8(1), 73. <https://doi.org/10.1186/s13568-018-0608-1>
- González Acosta, J. (2008). *EFEECTO DE LOS HONGOS MICORRIZOGENOS ARBUSCULARES (HMA) Y UN FITOESTIMULADOR SOBRE LOS CULTIVOS DE LA YUCA (Manihot esculenta Crantz) Y EL BONIATO (Ipomoea batata Lam.) EN SUELO FERRALÍTICO ROJO LIXIVIADO* [Tesis]. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, La Habana, Cuba.
- HIDROMET. (2019). *Datos Climáticos Históricos*. ETESA.

- Hindersah, R., Karuniawan, A. y Apriliana, A. (2021). REDUCING CHEMICAL FERTILIZER IN SWEET POTATO CULTIVATION BY USING MIXED BIOFERTILIZER. *Iraqi Journal of Agricultural Sciences*, 52(4), 1031–1038.
- Holdridge, L. (1967). *Sistema de clasificación de zonas de vida de Holdridge* (Ecología basada en zonas de vidas). San José, Costa Rica.
- Huamán, Z. (1992). *Botánica Sistemática y Morfología de la Planta de Batata o Camote*. Lima, Perú. Centro Internacional de la Papa (CIP).
- Huang, C.-L., Liao, W. C., Chan, C.-F. y Lai, Y.-C. (2014). Storage performance of Taiwanese sweet potato cultivars. *Journal of Food Science and Technology*, 51(12), 4019–4025. <https://doi.org/10.1007/s13197-013-0960-8>
- Johnson, T., Wilson, Norbert, Worosz, Michelle R., Fields, D. y Bonds, J. K. (2015). *Vegetables and Pulses Outlook: Special Article: Commodity Highlight: Sweet Potatoes*. USDA.
- Mahmud, A. A., Upadhyay, S. K., Srivastava, A. K. y Bhojiya, A. A. (2021). Biofertilizers: A Nexus between soil fertility and crop productivity under abiotic stress. *Current Research in Environmental Sustainability*, 3, 100063. <https://doi.org/10.1016/j.crsust.2021.100063>
- Marín, M. y Suni, M. (2000). CARACTERIZACIÓN ANATÓMICA DEL DESARROLLO DE LA RAÍZ RESERVANTE DE CAMOTES PERUANOS (IPOMOEA BATATAS (L.) LAM., CONVULVULACEAE). *Revista Peruana De Biología*, 7(2), 103–114.
- Mazetti Fernandes, A., Silveira Mello, A. F., Pinho de Moura, A., Lopes, C. A., Echer, F. R., Costa dos Santos, Francisco Herbeth, Bernardo Amaro, G., Da



- Silva, G. O., Rocha Guedes, Í. M., Borges Pinheiro, J., Guimaraes, J. A., Da Silva, J., Castro Vendrame, L. P. de, Pilon, L., Amici Jorge, M. H., Brandao Braga, M., Castro e Melo, Raphael Augusto y Borges Pereira, R. (2021). *Sistema de Produção de Batata-Doce*. Brasil. EMBRAPA.
- Méndez, C. H., Moreira, M. A. y Bertsch, F. (1987). ABSORCIÓN Y CONTENIDO DE NUTRIMENTOS DURANTE EL CICLO DE LA PLANTA DE DOS CULTIVARES DE CAMOTE (*Ipomoea batatas* L.), EN ALAJUELA. *Boletín Técnico Estación Experimental Fabio Baudrit*, 1(20), 1–10.
- Montoya Suárez, O. (2007). Aplicación del análisis factorial a la investigación de mercados.: Caso de estudio. *Scientia Et Technica*, 8(35), 281–286.  
www.redalyc.org
- Morales, D., Rodríguez, P., Dell'Amico, J. A., Torrecillas, A. y Sánchez-Blanco, M. d. J. (2006). EFECTO DE ALTAS TEMPERATURAS EN ALGUNAS VARIABLES DEL CRECIMIENTO Y EL INTERCAMBIO GASEOSO EN PLANTAS DE TOMATE (*Lycopersicon esculentum* Mill. CV. AMALIA). *Cultivos Tropicales*, 27(1), 45–48.
- Mukhongo, R. W., Tumuhairwe, J. B., Ebanyat, P., AbdelGadir, A. H., Thuita, M. y Masso, C. (2017). Combined Application of Biofertilizers and Inorganic Nutrients Improves Sweet Potato Yields. *Frontiers in Plant Science*, 8, 219.  
<https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00219>
- Nafi'ah, H. H., Hindersah, R., Mubarok, S., Maulana, H., SUGANDA, T., CONCIBIDO, V. y Karuniawan, A. (2021). Growth rate and yield response of several sweet potato clones to reduced inorganic fertilizer and biofertilizer.

- Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 22(4).  
<https://doi.org/10.13057/biodiv/d220422>
- OCDE/FAO. (2020). *OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas 2020-2029*. OECD.  
<https://doi.org/10.1787/a0848ac0-es>
- Osorio Osorio, J. (2018). RESPUESTA PRODUCTIVA DEL CULTIVO DEL BONIATO (*Ipomoea batata* L.) AL EMPLEO DE MICROORGANISMOS EFICIENTES Y MICORRIZAS BAJO LAS CONDICIONES EDAFOCLIMÁTICAS DE LA EMPRESA AGROPECUARIA IMÍAS. *Revista Digital De Medio Ambiente*(56), 1–23.
- Paula, M. A., Urquiaga, S., Siqueira, J. O. y Dbereiner, J. (1992). Synergistic effects of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi and diazotrophic bacteria on nutrition and growth of sweet potato (*Ipomoea batatas*). *Biology and Fertility of Soils*, 14(1), 61–66. <https://doi.org/10.1007/bf00336304>
- Ramos Zapata, J. A., Marrufo Zapata, D., Guadarrama Chávez, P. y Carrillo Sánchez, L. (2010). *Hongos micorrízico-arbusculares* (Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán). México. CICY.
- Ravi, V. y Saravanan, R. (2012). *Crop Physiology of Sweet Potato*.
- Ruíz, E., Aguilera C., V. y Batista, A. (2012). *MANUAL TÉCNICO PARA EL CULTIVO DE CAMOTE (Ipomoea batata L.)* (2ª ed.).
- Saad, M. S [M. S.], Sabuddin, A. S. A., Yunus, A. G. y Shamsuddin, Z. H. (1999). Effects of *Azospirillum* inoculation on sweetpotato grown on sandy tin-tailing soil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 30(11-12), 1583–1592.  
<https://doi.org/10.1080/00103629909370310>

- Sakha, M. A., Jefwa, J. y Gweyi-Onyango, J. P. (2019). Effects of Arbuscular Mycorrhizal Fungal Inoculation on Growth and Yield of Two Sweet Potato Varieties. *Journal of Agriculture and Ecology Research International*, 18(3), 1–8. <https://doi.org/10.9734/jaeri/2019/v18i330063>
- Sánchez-López, D. B., Pérez-Pazos, J. V., Luna-Castellanos, L. L., García-Peña, J. A. y Espitia-Montes, A. A. (2019). Azotobacter chroococcum y Azospirillum lipoferum como bioestimulantes en cultivo de Ipomoea batatas Lam. *Agronomía Mesoamericana*, 563–576. <https://doi.org/10.15517/am.v30i2.33896>
- Santana-Fernández, A., Beovides-García, Y., Simó-González, J. E., Pérez-Peñaranda, M. C., López-Torres, J., Rayas-Cabrera, A., Santos-Pino, A. y Basail-Pérez, M. (2021). Effect of a Pseudomonas fluorescens-based Biofertilizer on Sweet Potato Yield Components. *Asian Journal of Applied Sciences*, 9(2), 105–113.
- Séry, D. J.-M., Kouadjo, Z. G. C., Voko, B. R. R. y Zézé, A. (2016). Selecting Native Arbuscular Mycorrhizal Fungi to Promote Cassava Growth and Increase Yield under Field Conditions. *Frontiers in Microbiology*, 7, 2063. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.02063>
- Sheth, S. G., Desai, K. D., Patil, S. J., Navya, K. y Desai, G. B. (2018). Response of sweet potato to INM and its effect on soil health. *The Pharma Innovation Journal*, 10(7), 590–595.
- Shirkhani, A. y Nasrolahzadeh, S. (2016). Vermicompost and Azotobacter as an ecological pathway to decrease chemical fertilizers in the maize, Zea mays. *Bioscience Biotechnology Research Communications*, 9(3), 382–390.

- Tarrand, J. J., Krieg, N. R. y Döbereiner, J. (1978). A taxonomic study of the *Spirillum* lipoferum group, with descriptions of a new genus, *Azospirillum* gen. Nov. And two species, *Azospirillum lipoferum* (Beijerinck) comb. Nov. And *Azospirillum brasilense* sp. Nov. *Canadian Journal of Microbiology*, 24(8), 967–980. <https://doi.org/10.1139/m78-160>
- Terakado-Tonooka, J., Fujihara, S. y Ohwaki, Y. (2013). Possible contribution of *Bradyrhizobium* on nitrogen fixation in sweet potatoes. *Plant and Soil*, 367(1-2), 639–650. <https://doi.org/10.1007/s11104-012-1495-x>
- Terehu, B. (2003). *AGRONOMICAL AND PHYSIOLOGICAL FACTORS AFFECTING GROWTH, DEVELOPMENT AND YIELD OF SWEET POTATO IN ETHIOPIA* [Tesis]. University of Pretoria, Pretoria, Etiopía.
- Terry Alfonso, E., Leyva, Á. y Hernández, A. (2005). Microorganismos benéficos como biofertilizantes eficientes para el cultivo de Tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill). *Revista Colombiana De Biotecnología*, 7(2), 47–54.
- Truong, V. D., Avula, R. Y., Pecota, K. V. y Yencho, G. C. (2018). Sweetpotato Production, Processing, and Nutritional Quality. En M. Siddiq y M. A. Uebersax (Eds.), *Handbook of Vegetables and Vegetable Processing* (pp. 811–838). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781119098935.ch35>
- Villarreal, J. y Name, B. (1996). *Técnicas analíticas del laboratorio de suelos*. Panamá. INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA DE PANAMÁ.
- Villarreal, J., Ramos, I., Villalaz, J. y Santo, A. (2017). *CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA Y CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DE LOS SUELOS*

DE LA REGIÓN DE AZUERO-PANAMÁ. INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN  
AGROPECUARIA DE PANAMÁ.

- Wilcox, F. y Rivera, J. (2010). *Manual De Análisis Del Laboratorio Especializado De Suelos Y Tejido Foliar Del Centro Regional Universitario De Los Santos*. Universidad de Panamá.
- Yasmin, F., Othman, R. y Hasan Maziz, M. N. (2020). Yield and Nutrient Content of Sweet Potato in Response of Plant Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR) Inoculation and N Fertilization. *Jordan Journal of Biological Sciences*, 13(1), 117–122.
- Yasmin, F., Othman, R., Sijam, K. y Saad, M. S [Mohd Said] (2007). Effect of PGPR Inoculation on Growth and Yield of Sweetpotato. *Journal of Biological Sciences*, 7(2), 421–424. <https://doi.org/10.3923/jbs.2007.421.424>
- Yeh, S. (2018). *Taiwanese and Sweet Potato*.