

MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR

UNIVERSIDAD DE GUANTÁNAMO

FACULTAD AGROFORESTAL DE MONTAÑA

---

# **TRABAJO DE DIPLOMA**

(EN OPCIÓN AL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO)

**Título: Manejo de abonos verdes y la inoculación micorrízica en el cultivo de la yuca en diferentes niveles de fertilización.**

**Autor: Alexander Tito Meades**

**Tutor: Dr.C Manuel Riera Nelson**

**Curso: 2013- 2014**

**“Año 56 de la Revolución”**

## Pensamientos

*“Debe ajustarse un programa nuevo de educación, que empiece en la escuela de primeras letras y acabe en una universidad brillante, útil, en acuerdo con los tiempos, estado y aspiraciones de los países en que enseña...”*

*Como quien se quita un manto y se pone otro, es necesario poner de lado la Universidad antigua y alzar las nuevas.”*

*José Martí*

# Dedicatoria

Este trabajo se lo dedico:

A mis familias que es lo más especial que existe para mí:

- ✓ A mi madre: Carmen Tito Meades
- ✓ A mi hermana: Kenia Loren Tito
- ✓ A mi sobrino : Pedro Jesús Romero Loren

Profesores y Amigos

- ✓ A mi tutor: Manuel Conrado Riera Nelson
- ✓ Al profesor: Juan Brook Harrozai
- ✓ A nuestro querido Comandante en jefe Fidel Castro Rúz

## **Agradecimientos.**

*Nada es más importante para mí en estos momentos que expresar mi más sincero agradecimiento a:*

- *Todos mis compañeros de estudio, que me apoyaron con su amistad incondicional en todos los momentos durante mi carrera.*
- *A mi tutor Dr.C Manuel Riera Nelson por el apoyo incondicional que me ofreció en la realización de este trabajo.*
- *Los profesores de la carrera los cuales supieron inculcarme los conocimientos para mi preparación como Ingeniero agrónomo.*

*A todos muchísimas gracias.*

## Resumen

Con el objetivo de determinar la respuesta del cultivo de yuca (*Manihot sculentum* C.) a la aplicación combinada de Micorriza y diferentes porcentajes de la dosis de fertilizantes minerales, se desarrolló una investigación en el Polígono Docente Investigativo de la Facultad Agroforestal de Montaña perteneciente al municipio El Salvador, durante el periodo de febrero hasta diciembre de 2013. Se utilizó como material para el estudio la variedad señorita y la cepa de Hongo micorrízico arbuscular (HMA) *Rhizophagus intraradice* y como abono verde el cultivo intercalado *Canavalia ensiformis*. Se empleó un diseño experimental de Bloques al azar con 4 replicas y 9 tratamientos. Datos encontrados fueron sometidos al análisis de varianza y las diferencias entre los tratamientos se determinaron mediante la aplicación de la prueba de Rango múltiple de Duncan para un 95% y se utilizó el paquete estadística Statgraphics Plus versión 5.0. Los resultados demostraron que la inoculación con hongos micorrizicos (*Rhizophagus intraradice*) unido al 50 y 75% de las dosis de fertilización logró mayor incidencia en el crecimiento y rendimiento del cultivo sobre. En el análisis económico se pudo demostrar que las mayores ganancias se alcanzaron cuando se empleó el hongo micorrízico unido al 75 % de la fertilización mineral correspondiente.

Palabras claves: Micorriza, yuca, canavalia, cultivos, Fertilización

## Abstract

With the objective of determining the answer of the yucca cultivation (*Manihot sculentum* C.) to the combined application of Micorriza and different percentages of the dose of mineral fertilizers, an investigation was developed in the Polígono Docente Investigativo de la Facultad Agroforestal de Montaña belonging to the municipality El Salvador, during the period of February until December of 2013. It was used as material for the study the variety Señorita and the stump of arbuscular mycorrhizal Fungi (AMF) *Rhizophagus intraradice* and like green manure the inserted cultivation *Canavalia ensiformis*. An experimental design of Blocks at random with 4 you reply and 9 treatments was used. Opposing data were subjected to the variance analysis and the differences among the treatments were determined by means of the application of the test of multiple Range of Duncan for 95% and the package statistic Statgraphics Plus version 5.0 was used. The results demonstrated that the inoculation with mycorrhizal fungi (*Rhizophagus intraradice*) together to the 50 and 75% of the fertilization doses achieved bigger incidence ne the growth and yield of the cultivation on. In the economic analysis it could demonstrate himself that the biggest earnings were reached when the mycorrhizal fungi together to 75% of the mineral corresponding fertilization was used.

Key words: Mycorrhizal, yucca, canavalia, crops, Fertilization

## Índice

Nº	Título	Pág.
I.	<b>Introducción</b>	1
II.	<b>Revisión bibliografía</b>	5
2.1	Generalidades del cultivo de la yuca.	5
2.1.1	Caracterización del cultivo.	6
2.1.2	Época, Distancia, Forma, Método Y Profundidad de Plantación.	8
2.1.3	Características del material de plantación y estrategia clonal.	8
2.1.4	Condiciones climáticas que favorecen al cultivo.	9
2.1.5	Descripción de la variedad utilizada (Señorita).	10
2.1.6	Situación productiva a nivel mundial, en el país y en la provincia	11
2.1.7	Beneficio que brinda el cultivo	12
2.2	Características generales de la micorríza.	13
2.2.1	Uso de la micorríza.	14
2.2.2	Efecto de las micorrizas arbusculares sobre el crecimiento de las plantas.	16
2.3	Abonos verdes (Canavalia ensiformes).	16
2.3.1	Las funciones.	19
2.3.2	Los abonos verdes, como mejora y protección del suelo.	19
III.	<b>Materiales y Métodos</b>	21
3.1	Ubicación de los experimentos y condiciones edafoclimáticas	21
3.2	Metodología empleada.	22
3.3	Aplicación de las diferentes alternativas.	23
3.4	Atenciones culturales realizadas al cultivo	24
3.5	Tratamientos utilizados en el estudio.	24
3.6	Variables evaluadas.	24
3.7	Análisis estadísticos	25
3.8	Análisis económico	26
IV.	<b>Resultado y discusión</b>	28
4.1	Resultado del crecimiento	28
4.2	Cantidad de hojas y de tallo.	29
4.3	Análisis de los componentes del rendimiento.	31
4.4	Longitud de raíz.	32
4.5	Producción de masa seca.	33
4.6	Producción de masa fresca.	35
4.7	Análisis de la producción de materia seca producida por la canavalia intercalada con el cultivo de yuca.	37
4.8	Resultados de los diferentes rendimientos económicos.	38
V.	<b>Conclusiones</b>	42
VI.	<b>Recomendaciones</b>	43
	<b>Bibliografía</b>	

## I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz), se han extendido a cerca de 90 países tropicales y subtropicales, calculándose que sus raíces son ricas en almidón y sus hojas ricas en proteínas, constituyendo la cuarta fuente energética en la alimentación humana producida en el trópico, forma parte de la dieta básica de más de 500 millones de personas en el mundo. De las 170 millones de toneladas de raíces frescas que se cosechan en el mundo, aproximadamente la quinta parte (34 millones) es producida por América Latina y el Caribe. Con un rendimiento promedio de  $10\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$  y posibilidades de incrementar un (25 o más  $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), de acuerdo con las nuevas tendencias de manejo del suelo y del cultivo (FAO, 2004).

Mojena y Bertolí en el 2000 plantearon que la producción de yuca en Cuba ha repercutido en un momento de balance energético nacional para la población cubana. En la región Oriental se ha mantenido un récord de producción estable alrededor de los 300 mil  $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$

En los últimos años se ha tratado de fomentar el cultivo de la yuca y mejorar su productividad empleando un plan tecnológico que solucionen a bajo costo los problemas del rendimiento del cultivo para la sustitución de productos químicos como los fertilizantes, de ahí que se viene introduciendo en el país el empleo de biofertilizantes de origen microbiano y los abonos verdes (*María et al., 1989*).

Lograr una densidad óptima por hectárea en el cultivo, constituye una forma económica de aumentar los rendimientos, por lo que debemos realizar un patrón de siembra en el cual cada planta este a igual distancia de las otras, esto sería lo ideal, ya que permitiría un uso más eficiente de los recursos, sin embargo, razones prácticas como la preparación del suelo, las labores de cultivo y la cosecha, muchas veces hacen más estimulante un ordenamiento diferente (*Fernández et al., 2000*).

La utilización de abonos verdes o agregados como abonos orgánicos mejora el suelo, suple la nutrición de las plantas, sobre todo en los trópicos, donde las altas temperaturas y precipitaciones causan su rápida degradación. La utilización de los

abonos verdes aligera la recuperación de los suelos enfermos. *García et al., (1999)*, estiman que las leguminosas utilizadas como abonos verdes o en asociación restablecen, en sentido general, las características físicas, químicas del suelo, el estado nutricional y el rendimiento de los cultivos agrícolas, plantean además que donde estas pueden ser utilizadas, las necesidades de fertilizantes químicos nitrogenados en los cultivos decrecen o serían nulas. Por lo que incorporar a los cultivos asociaciones de alternativas orgánicas y biológicas sería muy importante, donde juega un papel muy importante los HMA que son encontrados naturalmente en todos los ecosistemas terrestres.

De los abonos verde de estos se destaca la *Canavalia ensiformis* (L.) es una especie muy bien adaptada a las condiciones y cuenta con potencial para mejorar e incrementar la fertilidad del suelo debido a su vigoroso crecimiento, fija grandes cantidades de N vía FBN y recicla cantidades apreciables de P y K, y permite el aumento de la capacidad de retención de agua, la reducción del lavado y lixiviación de nutrientes, además, favorece el ambiente para la actividad microbiana del suelo (*Nieto et al., 2008*).

En Cuba y en otros países se ha cultivado a través de los años, incorporando así pasos acelerados para poner en práctica el uso de los biofertilizantes y Bioestimulantes (*Fernández et al, 2003*) los que influyen en el mejoramiento de las calidad y desarrollo del surtido de los alimentos este también presentan un amplio rango de distribución tanto gráfico como biológico formando asociaciones simbióticas con más del 85% de las plantas de interés económico.

Los hongos micorrízicos arbusculares (HMA), son uno de los biofertilizantes de origen microbiano. Las plantas inoculadas con estos hongos logran tolerar a un nivel elevado las situaciones adversas de su entorno como son: el estrés hídrico, el desbalance de los nutrientes, las altas o bajas temperaturas del suelo, entre otros. Ya que la simbiosis lograda entre el hongo y la planta, el hospedero recibe beneficios que se traducen en el incremento del crecimiento y el rendimiento (*Davis, 1999*).

Los HMA son microorganismos considerados como insumos biológicos de enorme potencial en la agricultura, gracias a sus efectos positivos sobre la adaptación y crecimiento de una gran variedad de cultivos. Por lo que podemos decir que los hongos micorrízicos son componentes clave para el desarrollo de la biota del suelo, por su gran capacidad de interacción con diferentes especies microbianas, a la vez que pueden modificar muchos aspectos de las propiedades físicas en la zona rizosférica (Dumas *et al.*, 2000).

De tal definición puede deducirse que el uso de las micorrizas podría ser una herramienta útil para acercarnos a una agricultura sustentable. De hecho, existe una creciente conciencia ambiental gracias a la cual está aumentando la demanda de productos con certificación "orgánica", es decir aquellos con la garantía de que durante su fase de cultivo y procesamiento no se han utilizado sustancias químicas artificiales. (González, 2004)

Por otra parte, en la América tropical en general y en particular en Venezuela existen todavía fuentes de aguas prístinas que es deseable conservar, aunque en algunas regiones ya se confrontan serios problemas de eutroficación como sucede en los lagos de Valencia y de Maracaibo (González, 2004). En muchos países latinoamericanos la agricultura carece actualmente de una eficiente extensión técnica, lo que ha conducido al uso indiscriminado de agroquímicos y fertilizantes. Ello hace necesario desarrollar y divulgar estrategias de manejo agrícola que permitan minimizar estos problemas.

Teniendo en cuenta estos antecedentes y que el cultivo de la yuca constituye un eje de gran importancia para los nuevos programas de desarrollo local y en la provincia, con el presente trabajo se ha trazado la tarea de buscar alternativas biológicas que solucionen a bajo costo los problemas de la nutrición en el cultivo de la yuca.

**Problema:**

¿Es factible la utilización intercalada de *Canavalia ensiformis* y la aplicación combinada de micorriza con dosis de fertilizantes minerales como alternativas nutricionales en el cultivo de yuca (*Manihot esculenta*)?

**Hipótesis:**

Si se utilizan adecuadamente (*Canavalia ensiformis*) intercalada y micorriza combinada con la fertilización mineral en el cultivo de yuca (*Manihot esculenta*) aumentarán los rendimientos y se disminuye la utilización de fertilizantes.

**Objetivo general:**

Determinar la respuesta del cultivo de yuca a la siembra intercalada de *Canavalia ensiformis* y la aplicación combinada de micorriza con dosis de fertilizantes minerales en las condiciones edafoclimática del polígono docente investigativo de la FAM.

**Objetivos específicos:**

1. Evaluar la utilización intercalada de *Canavalia ensiformis*, la aplicación combinada de micorriza y dosis de fertilizantes como alternativas nutricionales en el cultivo de yuca.
2. Determinar las ganancias obtenidas con la aplicación de las alternativas utilizada en las condiciones edafoclimática del Polígono docente investigativo de la FAM.

## II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Generalidades del cultivo de la yuca

La mandioca, yuca, casava o casabe (*Manihot esculenta*, Crantz) endémica de la región subtropical de Argentina y Paraguay, y de la región tropical de Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Panamá, Perú y Venezuela. Es un arbusto perenne euforbiáceo, autóctona y extensamente cultivado en Sudamérica y el Pacífico por su raíz almidonosa de alto valor alimentario (FAO, 2004).

El cultivo de la *Manihot esculenta* se ha extendido a cerca de 90 países tropicales y subtropicales, calculándose que sus raíces son ricas en almidón y sus hojas ricas en proteínas, alimentando alrededor 500 millones de personas. De las 170 millones toneladas de raíces frescas que se cosechan en el mundo, aproximadamente la quinta parte es producida por América Latina y el Caribe. Con un rendimiento promedio de (10-15 t.ha<sup>-1</sup>) y posibilidades de incrementar un (25 o más t.ha<sup>-1</sup>) de acuerdo con las nuevas tendencias de manejo del suelo y del cultivo, (FAO, 2004).

Su uso varía tanto para la alimentación animal como para el consumo humano, se utiliza en la fabricación de galleta y pan, en forma de casabe, en la alimentación del ganado, etc. La importancia de la misma en la alimentación animal se debe fundamentalmente a su alto valor proteico, se utiliza tanto las raíces como el follaje, las raíces tienen entre un 80-90 por ciento de carbohidratos y el follaje entre 13-37 por ciento de proteínas. (FAO, 2004).

Es un arbusto que alcanza de dos a tres metros de altura. Está adaptada a condiciones de la zona intertropical, por lo que no resiste las heladas. Requiere altos niveles de humedad aunque no anegamiento y de sol para crecer. Se reproduce mejor por esquejes que por semilla en las variedades actualmente cultivadas; aunque se estima que las variedades hoy conocidas son efecto de la selección artificial. El crecimiento es lento en los primeros meses, por lo que el control de arvenses es esencial para un correcto desarrollo. En su uso normal, la planta entera se desarraiga al año de edad para extraer las raíces comestibles; si

alcanza mayor edad, la raíz se endurece hasta la incomedibilidad. (Fonseca, 2000).

### **2.1.1. Caracterización del cultivo**

#### **Taxonomía**

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Malpighiales

Familia: Euphorbiaceae

Subfamilia: Crotonoideae

Tribu: Manihoteae

Género: Manihot

Especie: *Manihot esculenta* Crantz

La yuca es un cultivo anual, que se propaga en forma vegetativa. Se planta generalmente después de uno a dos meses de haberse cosechado las raíces del cultivo anterior, lo que permite a los productores producir su propio material de plantación, (CIDA, 1991).

Los factores que influyen para que la semilla de yuca sea buena para plantar se relacionan con su calidad, sanidad y período de almacenamiento. La calidad de la estaca implica tomar en consideración la presencia y daño por enfermedades sistémicas (hongos, bacterias, virus, micoplasma) y plagas, así como las propiedades que permiten la obtención de cosechas económicamente rentables. La calidad de la estaca puede disminuir por la presencia de patógenos sistémicos localizados y organismos que se encuentran en el suelo, así como ácaros e insectos que se encuentran en la superficie de la estaca, dentro de ella y/o en el

suelo. Muchas de las cuales antes mencionadas son difíciles de detectar visualmente, (Rosset, 1996).

Otro factor a tener en cuenta es que las semillas se conservan la mayor parte del tiempo en campo, expuesto a todos los riesgos ambientales y fitosanitarios y que la tasa de multiplicación es muy baja, una hectárea en buenas condiciones.

Se debe usar variedades existentes en la zona antes de proceder a introducirlas de otros lugares, con esto se evita el transporte de patógenos no existentes y también se aprovecha la adaptación ecológica de estas variedades (Gulick, 1983).

El material de propagación debe proceder de plantaciones sanas. En caso de plantaciones de otros lugares, es conveniente su revisión en las etapas iniciales de crecimiento (3-5 meses) donde es posible detectar algunos patógenos, si estuvieran presentes (Garay y López, 1991).

La raíz de la yuca es cilíndrica y oblonga, alcanza el metro de largo y los 10 cm de diámetro. La cáscara es dura y leñosa, e incomedible. La pulpa es firme e incluso dura antes de la cocción, surcada por fibras longitudinales más rígidas; muy ricas en hidratos de carbono y azúcares, se oxida rápidamente una vez desprovista de la corteza. Según la variedad, puede ser blanca o amarillenta. (FAO, 2000).

Este cultivo es capaz de tolerar sequías sin que se deprima su rendimiento, tomando de ellos factores como:

- La raíz puede absorber agua hasta una profundidad de 2,5 cm.
- Los estomas foliares son sensibles a la humedad y se cierran cuando el aire se torna seco.
- La planta por presentar un sistema de fijación del carbono puede continuar su proceso fotosintético en condiciones excesivas de estrés hídrico.

El cultivo también sobrevive en suelos cuyo contenido de fósforo y otros nutrientes esenciales para las plantas, es bajo, por lo que establece ciertas asociaciones con determinados hongos del suelo (HMA), también puede

desarrollarse y dar buenas producciones en suelos ácidos y pobres, con alto contenido de aluminio (Mejía, 2002).

### **2.1.2 Época, Distancia; Forma; Método y Profundidad de Plantación**

#### **Época de plantación.**

Época óptima (Noviembre-15 febrero), no obstante puede plantarse durante todo febrero, marzo, abril y para la región oriental se incluye el mes de junio, La distancia de plantación esta en función de factores como el hábito de crecimiento del clon y la fertilidad del suelo, la plantación se realizará colocando la estaca en forma inclinada u horizontal, La estaca quedará formando un ángulo de 45° con el suelo y fuera de la tierra se dejará una sola yema que se tapaná con los aporques posteriores, Favorece la siembra mecanizada y permite el uso de herbicidas pre-emergentes La plantación se hace a mano colocando la estaca en el surco, Se usa tractor preferentemente con la máquina de TR-4M o similares y con un mínimo de costo usamos también cuando sea necesaria la tracción animal(FAO, 2000).

#### **2.1.3 Características del material de plantación y estrategia clonal.**

La yuca es un cultivo anual, que se propaga en forma vegetativa. Se planta generalmente después de uno a dos meses de haberse cosechado las raíces del cultivo anterior, lo que permite a los productores producir su propio material de plantación, (CIDA, 1991).

Es un material vegetativo leños, que debe dar origen a una planta idéntica al material depositado. La porción del tallo usado como semilla debe estar madura, estimándose que esté entre 7 y 14 meses de edad, la longitud de las estacas o propágulos deben ser alrededor de 20cm., lo que garantiza un óptimo número de yemas (mínimo de 5 a 7) por estacas. Aspectos de calidad que deben tomarse en cuenta son el espesor de las estacas, las diferencias variedades en la velocidad de brotación de las estacas y el enraizamiento, el tiempo que transcurre desde que se cosecha la planta y el momento en que se hace material vegetativo y se planta nuevamente. Los daños mecánicos que afectan las estacas durante la preparación son ocasionadas por el tratamiento químico, transporte, almacenamiento y plantación (FAO, 2000).

Los factores que influyen para que la semilla de yuca sea buena para plantar se relacionan con su calidad, sanidad y período de almacenamiento. La calidad de la estaca implica tomar en consideración la presencia y daño por enfermedades sistémicas (hongos, bacterias, virus, micoplasma) y plagas, así como las propiedades que permiten la obtención de cosechas económicamente rentables. La calidad de la estaca puede disminuir por la presencia de patógenos sistémicos localizados y organismos que se encuentran en el suelo, así como ácaros e insectos que se encuentran en la superficie de la estaca, dentro de ella y/o en el suelo. Muchas de las cuales antes mencionadas son difíciles de detectar visualmente, (Rosset, 1996).

Otro factor a tener en cuenta es que las semillas se conservan la mayor parte del tiempo en campo, expuesto a todos los riesgos ambientales y fitosanitarios y que la tasa de multiplicación es muy baja, una hectárea en buenas condiciones. Se debe usar variedades existentes en la zona antes de proceder a introducirlas de otros lugares, con esto se evita el transporte de patógenos no existentes y también se aprovecha la adaptación ecológica de estas variedades (Gulick, 1983).

El material de propagación debe proceder de plantaciones sanas. En caso de plantaciones de otros lugares, es conveniente su revisión en las etapas iniciales de crecimiento (3-5 meses) donde es posible detectar algunos patógenos, si estuvieran presentes (Garay y López, 1991).

#### **2.1.4 Condiciones climáticas que favorecen al cultivo.**

##### **Clima:**

Cálido y húmedo, típicamente tropical.

##### **Temperatura:**

De 20 a 32°C para el buen desarrollo foliar y de raíces y temperaturas nocturnas de 20 a 24°C que favorecen la tuberización.

**Humedad relativa:**

Alta y al combinarla con la alta temperatura favorecen el crecimiento vegetativo.

**Luz:**

Es vital para el desarrollo del cultivo e imprescindible en la elaboración de almidón.

**Humedad del suelo:**

La planta de yuca (*Manihot esculenta Grantz*) es bastante adaptable a la condiciones de humedad del suelo, los efectos negativos se presentan en el 1er y 2do período de desarrollo vegetativo (período de brotación y de la brotación a la formación de raíces tuberosas respectivamente). (Galego, 2003).

**Requerimiento de suelo:**

Requiere de suelos fértil y profundos con más de 20cm. de capa vegetal, de buen drenaje exterior e interior y ausencia de elementos tóxicos de buen contenido de materia orgánica de (3 a 4%), los suelos silíceos, arcillosos y aluviales son considerados los más aptos.

El suelo constituye un medio ideal para el desarrollo de la vida microbiana, las propiedades físicas y químicas en su conjunto han creado ecológicas que permiten incubar en su interior un elevado número de microorganismos con requerimientos nutricionales y propiedades fisiológicas muy diferentes (Galego, 2003).

**2.1.5 Descripción de la variedad utilizada (Señorita)**

Altura: 1,5 a 2,5m.

Ramificación: 1 ramificación.

Parte erecta.

Tallo de color plateado.

Lóbulos: 7 a 9 por hojas.

Follaje: verde cuando joven.

Raíces: 10 por plantas, lisas, oblicuas, cilíndrica o fusiforme.

Ciclo largo: 12 a 15 meses.

Época de plantación: Nov- Feb.

Cosecha: Ene- Jun

#### **2.1.6. Situación productiva a nivel mundial, en el país y en la provincia del cultivo de la yuca.**

La yuca es la séptima mayor fuente de alimentos básicos del mundo. Algunos la califican de "base de la vida" tropical, porque es una de las más importantes fuentes de alimentación en extensas áreas de los trópicos. Es un cultivo apreciado por su fácil y amplia adaptabilidad a diversos ambientes ecológicos, el poco trabajo que requiere, la facilidad con que se cultiva y su gran productividad. Puede prosperar en suelos poco fértiles, en condiciones de poca pluviosidad. (López, 2000).

En condiciones óptimas la yuca puede producir más calorías alimenticias por hectárea que la mayoría de los demás cultivos alimenticios tropicales. Actualmente es un cultivo con altas expectativas para la producción de etanol y se prevé un crecimiento espectacular en la implantación de este cultivo. (López, 2000).

La producción mundial de Yuca está estimada en 184 millones de toneladas en [2002](#), la mayoría de la producción se encuentra en [África](#), donde crecen 99,1 millones de toneladas, 51,5 en [Asia](#) y 33,2 en [América Latina](#). (FAO. 2006)

En muchos lugares de América, la yuca es el alimento básico. Esto se traduce en el abundante uso de imágenes de yuca usados en el arte de [Perú](#) por la gente de la cultura [Moche](#) quienes la representan a menudo en su cerámica.

La producción mundial de yuca en el 2006 se sitió alrededor de 203 millones de toneladas de raíces frescas y un rendimiento mundial promedio 10,9 tha<sup>-1</sup>; en Cuba en el mismo año la producción alcanzó 585 mil toneladas de raíces frescas

y un rendimiento de 4,7 t.ha<sup>-1</sup>, el cual se encontró por debajo del rendimiento promedio mundial (FAO. 2006) y se destinan para la plantación de este cultivo más de 100 mil hectáreas con rendimientos que oscilan entre 4 y 20 t.ha<sup>-1</sup> (Mederos, 2006), en los últimos años se trabaja por lograr la plantación de 13,42 ha por cada mil habitantes (Rodríguez, 2004).

Hoy en día la provincia de Guantánamo es una de las más afectadas por la sequía lo que perjudica la obtención de rendimientos elevados en la producción agrícola. Aún así en la provincia se han tomado medidas con el objetivo de incrementar los alimentos agrícolas con el empleo de las nuevas alternativas ecológicas para contrarrestar la sequía con la siembra de cultivos que se adapten a estas condiciones en el suelo, uno de estos cultivos es la yuca ya que es rústico y se adapta a variados tipos de suelos, condiciones climáticas etc, (Galego Raiza, 2003)

## **2.1.7 Beneficio que brinda el cultivo**

### **Raíces de la yuca.**

La presencia de elementos [cianogénicos](#) en la raíz hace que la misma sea inutilizable y venenosa sin una prolongada cocción, necesaria además para reducir la rigidez de la pulpa. Aún la variedad llamada [Manihot aipi](#) (considerada a veces una subespecie de *M. esculenta*) contiene concentraciones elevadas de elementos venenosos, que desaparecen al hervirla.

Alternativamente, la raíz puede rallarse en crudo, tras lo cual es prensada para extraer el jugo potencialmente tóxico. Una vez secada al fuego o al sol, se muele para obtener una [harina](#) fina y delicada de la que se obtiene, por sedimentación, el almidón de yuca y de este se obtiene la [tapioca](#). Mediante este procedimiento se hace comestible incluso las variedades "amargas" que tienen alto contenido de toxinas. Ciertas culturas [africanas](#) maceran la raíz en agua hasta su fermentación para eliminar las toxinas antes de secarla y molerla.

La raíz fresca debe consumirse rápidamente, ya que debido a su alto contenido de almidones se descompone rápidamente por la acción de diversos microorganismos. Congelada o envasada al vacío se conserva durante meses en buen estado.

En [Cuba](#) se prepara hervida en trozos, que luego se untan con un mojo de ajo machacado y naranja agria (o limón), y después se le vierte manteca (grasa) de cerdo limpia y bien caliente, sal al gusto. En el oriente del país también se prepara el [casabe](#) como más arriba se describe.

## **2.2 Características generales de la micorríza**

Los hongos micorrizicos arbusculares, presentes en cerca del 80% de los cultivos agrícolas constituye uno de los fertilizantes que deben ser considerados en el diseño de los diferentes sistemas agrícolas, pues lo agro – ecosistemas, con diferentes funciones en las plantas, pueden constituir sustitutos biológicos de los minerales (Fernández, 2012)

Los hongos micorrizicos poseen la cualidad de emplear tanto  $NH_4$  como  $NO_3$  sus efectos son mayores en la absorción de amonio, ya que en comparación con las raíces son capaces de absorberlos a concentraciones más bajas lo asimilan rápidamente y lo traslocan a las plantas automáticamente la eficiencia en la extracción y los contenidos de nitrógeno en las mismas (Ruiz, 2006).

Las micorrizas juegan un papel importante en los ecosistemas naturales y agrícolas, en el incremento del abastecimiento de nutrientes, su colonización proporciona a las plantas debido a los cambios positivos en las relaciones hídricas, algunas especies tienen la capacidad de descomponer fenólicos en suelos que pueden inferir en la absorción de los nutrientes (Barea , 2003)

### **2.2.1 Uso de la micorriza**

Según diferentes autores:

1. Incrementa en el abastecimiento de nutrientes para las plantas por la explotación de un mayor volumen del suelo y por la absorción de elementos que normalmente no podrían ser asimilable (Augé, 2001).
2. Su colonización proporciona protección a las plantas contra hongos parásitos y nemátodos (Correa, 2010).
3. Pueden ocurrir transferencias de nutrientes a través de los micelios conectados entre plantas de diferentes especies, lo que reduce la competencia entre ellos y contribuye a al estabilidad y diversidad ecosistema (Simard y col, 1997).
4. Las hifas contribuyen al mejoramiento de la estructura del suelo, por la acción de absorción y los contenidos que existen en las plantas micorrizadas (Filho, 2004)
5. Los componentes estructurales de estos hongos constituyen una fuente de alimentos para invertebrados y otros organismos del suelo (Riera, 2010).

El interés agronómico en genera con respecto a las micorrizas arbusculares estriba en la capacidad de las hifas externas de las raíces infectadas para absorber nutrientes del suelo y translocar estos nutrientes a la parte aérea de las plantas, promoviendo un mayor desarrollo de las mismas, así como la acción indirecta en la fijación biológica de nitrógeno, mineralización y/o solubilización de nutrientes de la rizosfera, el aumento de la eficiencia en la traslocación y el uso de los nutrientes absorbidos por la planta. Su efecto repercute tanto sobre los nutrientes móviles como de baja movilidad tales como el cobre y el zinc (Riera, 2010).

El hongo colonizado en la raicilla, llega a ser parte integrante de ella desarrollando un filamento micelico (micelico o conducto extenso, compuesto por muchas hifas), que a modo de sistema radical y altamente efectivo ayuda a la planta a adquirir diversidad de nutriente y agua del suelo. También el hongo, al extender el área

radical, facilita que la planta incremente su capacidad de sostenerse físicamente en dicho suelo, mejorando su resistencia y adaptabilidad (Rivera, 2003).

De las ventajas de la micorríza Ruiz *et al.*, (2006) afirmaron que: el proceso de asociación para formar las mismas, provoca alteraciones morfológicas y anatómicas en las plantas colonizadas tales como: cambios en la relación tallo – raíz, en la estructura de los tejidos radicales, en el número de cloroplastos, aumento de la lignificación, alteración de los balances hormonales, entre otros.

En los suelos tropicales, deficientes en fósforo (P) asimilable, tiene una importancia especial el uso de las asociaciones micorrízicas arbusculares, por el beneficio que producen en el crecimiento de las plantas. En este tipo de suelo es mucho mayor el potencial de explotación de las micorrizas con relación a las regiones de clima templado (Barea, 2003).

Barea *et al.*, 2003 plantea diversas razones por las cuales, el uso de las asociaciones micorrízicas, particularmente en suelos tropicales, adquieren gran importancia, tales como: los bajos niveles de fósforo asimilable o la alta capacidad de fijación de este elemento en el suelo, la alta velocidad de los procesos de fijación en suelo y sus respectivas pérdidas y la creciente dificultad de producir fertilizantes fosfóricos solubles, debido a la escasez de los yacimientos, así como su alto costo de producción.

Las raíces micorrizadas pueden absorber fósforo del suelo cuando este elemento se encuentra en concentraciones tan bajas, que no puede ser absorbido por las no micorrizadas. (González, 2008)

Los hongos micorrízicos poseen la capacidad de emplear tanto  $\text{NH}_4^+$  como  $\text{NO}_3^-$ . Sus efectos son mayores en la absorción de amonio, ya que, en comparación con las raíces, son capaces de absorberlo a concentraciones más bajas, lo asimilan rápidamente y lo translocan a las plantas, aumentando la eficiencia en la extracción y los contenidos de nitrógeno en las mismas (Ruiz, 2006).

Por su parte, Rueda *et al.*, (2003) en estudios realizados sobre el efecto de las micorrizas en Vitro plantas de banano y plátano en vivero observaron que la aplicación de micorrizas en plátano incrementa la tasa de crecimiento, expresado en mayor largo de la hoja, ancho de la hoja y peso seco de la parte aérea.

### **2.2.2. Efecto de las micorrizas arbusculares sobre el crecimiento de las plantas.**

El efecto mas importante que producen las HMA en las plantas es un incremento en la absorción de nutrientes minerales del suelo, que se traduce en un mayor crecimiento y desarrollo de las mismas. (Filho, 2004). La expansión del micelio externo del hongo por el suelo rizosférico es la causa principal de este efecto, permitiendo la captación de los nutrientes mas allá de la zona de agotamiento que se crea alrededor de las raíces, por la propia absorción de la planta.

La inoculación de las plantas con hongos micorrizicos provoca de forma general un marcado incremento en los procesos de absorción y tras locación de nutrientes tales como p, N, K, Ca, MG, Zn, Cu, B y MO (Koide 2000, Hernández g y Col et al., 2003). Se han planteado razones y las adicionales, una de las cuales se refiere al hecho de que en las proximidades de la raíz y las hifas y los pelo radicales la parte más importante de la rías en la absorción, siguen modelos de diferentes descrecimientos, las hifas crecen paralelas a la raíz y los pelo radicales lo hacen perpendicularmente, lo que implica que la absorción de fósforo por la unidad de superficie sea mayor en el caso de las hifas.

### **2.3. Abonos verdes (Canavalia ensiformes)**

La canavalia es una leguminosa de granos de origen tropical que presenta una amplia distribución (pantropica)) y su importancia como recurso alimentación fue reconocida desde épocas precolombinas. La producción de granos por hectárea en condiciones favorables para el cultivo puede superar los 2500Kg. se han registrado rendimientos superiores a 6000Kg. /ha. Esta alta producción de granos con alto contenido de almidón (40%) y proteína (28-30%) así como la rusticidad de

la planta, son atributos que califican el potencial biótico de la canavalia para la producción de proteínas y carbohidratos de origen vegetal. En canavalia se ha reportado que el 30% de la proteína del grano está compuesto por 45% de globulinas, 23% de glutelinas y 14% de albúminas. La extracción de las albúminas en estos granos se ha logrado utilizando agua y solución de  $\text{Na}_2\text{C}_{10}$ , 5M respectivamente. Caracterizándose las albúminas por tener aminoácidos azufrados, lo que le confiere un valor biológico mayor que el del resto de las proteínas (Ramírez, Bertorelli. 2000).

La Canavalia Ensiformis es un cultivo cuyos frutos y follaje se ha estudiado por la que pudieran ser utilizados en la alimentación animal, que además sirviera como cultivo de protección y abono verde. (Cruz *et al.*, 2010).

Cuba se ha demostrado que lo abono verde en su época de siembra óptima coincide en general con la más lluviosa y los días largos (mayo - octubre), en la cual se ha observado una abundante producción de cobertura y masa foliar. La canavalia produce en esta época como promedio 3,4 t.ha<sup>-1</sup> de masa seca y 153 kg.ha<sup>-1</sup> de N. Lo que hace resaltar su empleo como abono verde (García *et al.*, 2002).

Según CIDICCO (2008); la Canavalia presenta un ciclo vegetativo que oscila entre 240 a 270 días, su germinación comienza a partir de los 2 a 3 días después de la siembra, se desarrolla con temperaturas de 15 – 30°C, precipitaciones de 640 – 4200 mm.año. Las fases de floración y formación de vaina ocurren en los meses de Septiembre – Octubre. estas pueda alcanzar de 13,6 – 60 t.ha<sup>-1</sup> de masa fresca y de 2,5 – 8,4 t.ha<sup>-1</sup> de masa seca, como mínimo, es capaz de fijar 49 kg N.ha<sup>-1</sup> derivado de la FBN y acumular en sus tejidos vegetales 57 kg N.ha<sup>-1</sup>.

Para abono verde/cultivo de cobertura se siembra en surcos de 50 cm de distancia y 20 cm dentro del surco utilizando 150 - 180 kg.ha<sup>-1</sup> de semilla, asociado con cultivos, 4 plantas por m<sup>2</sup> (65 - 70 kg.ha<sup>-1</sup> de semilla), para producción de semillas se siembra en surcos de 1 m de distancia y 20 cm entre plantas (65 - 100 kg.ha<sup>-1</sup> de semilla), con profundidad de siembra entre 2 - 5 cm. Embrapa (2007)

Es resistente a la sequía, la sombra, temperaturas elevadas y condiciones de mal drenaje. Por ser una planta de crecimiento indeterminado cuando es intercalada con otros cultivos debe ser plantada al final del ciclo del cultivo principal y por tener hábito trepador no se presta para ser asociada con cultivos perennes o puede intercalarse si se controla el crecimiento de las guías para evitar efectos negativos en el cultivo principal.

Las plantas utilizadas como abonos verdes generalmente pertenecen a la familia de las leguminosas durante su fase vegetativa, se caracterizan por proteger el suelo y al ser incorporados mejoran las condiciones físicas, químicas y biológicas por la posibilidad que tienen estas de fijar nitrógeno atmosférico en asociación con bacterias del género *Rhizobium*, haciendo mayor los contenidos y disponibilidad de los nutrientes y la actividad de los microorganismos, pudiendo ser utilizados como fuente de materia orgánica (*Bustamante et al., 2002*). Aunque en los últimos tiempos se cultivan otras especies de crecimiento rápido y de buena producción de masa verde, como es el caso de algunas gramíneas, crucíferas o compuestas (*Álvarez et al., 1995*; Sociedad de agricultores de Chile, 2013).

Los abonos verdes constituyen una práctica tradicional que consiste en la incorporación de una masa vegetal no descompuesta de plantas cultivadas con la finalidad de recuperar las propiedades físicas químicas y biológicas del suelo (*Riveral et al., 1998*).

Los abonos verdes al morir alimentan al suelo y este a su vez a las plantas por lo cual se definen como plantas que al ser incorporadas o dejadas como cobertura del suelo mejoran las características físicas, químicas y biológicas de estos, conllevan además a reducir al mínimo el uso de fertilizantes de síntesis químicas (*García et al., 1996*).

**2.3.1. Las funciones de los abonos verdes están asociadas a los siguientes puntos:**

**OBJETIVOS:**

Los abonos verdes por su gran valor en la agricultura poseen varias funciones que benefician a las plantas tales como según el CIDICCO. 2008:

1. Sirven de Cobertura y protección del suelo.
2. Mejoran las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo.
3. Incrementan el contenido en materia orgánica, así como del aporte nutricional.
4. Reciclaje y movilización de nutrientes.
5. Combaten nemátodos, plagas y enfermedades que se puedan alojar en el cultivo.
6. Controlan plantas invasoras.

En la [agricultura](#), un abono verde es un tipo de cultivo de cobertura agregado primariamente para incorporar [nutrientes](#) y [materia orgánica](#) al [suelo](#). Estas siembras no se utilizan para el consumo, sino que se usan exclusivamente para incorporarlas a la tierra como fertilizante, por eso se las denomina abono "verde". (Martín *et al.*, 2010).

**2.2.5. Los abonos verdes, como mejora y protección del suelo cumplen múltiples funciones tales como:**

- [Leguminosas](#) para abonos verdes: [vicia](#), [alfalfa](#), [meliloto](#), [trébol](#); hacen [fijación nitrogenada](#) por [simbiosis](#) con [bacterias](#) en sus [nódulos](#) radiculares, fijando nitrógeno N<sub>2</sub> atmosférico (Gómez, 2000; Sánchez de P *et al.*, 2007; CIDICCO, 2008).
- Los abonos verdes incrementan el porcentaje de materia orgánica fresca ([biomasa](#)) en el suelo, así se mejora la entrada y retención de [agua](#),

aireación, y otras propiedades biológicas y físicas del suelo (Prager *et al.*, 2002

- Los cultivos de cobertura comunes compiten con las [malezas](#), previenen la [erosión](#) del suelo, favorecen la aireación y estructuración del suelo por efecto del sistema radical, en proceso de transformación de la materia orgánica y de los microorganismos asociados a las raíces de los abonos verdes, entre ellos los HMA (Mosavi *et al.*, 2009).
- Algunos cultivos de abono verde, cuando se les permite [florecer](#), proporcionan [forraje](#), y ambiente para [insectos](#) polinizadores.

### III. Materiales y Métodos

#### 3.1. Ubicación de los experimentos y condiciones edafoclimáticas.

La investigación se desarrolló en el Polígono docente Investigativo de la Facultad agroforestal de Montaña, ubicada en el Km 6 <sup>1</sup>/<sub>2</sub> de la Carretera del municipio El Salvador, provincia Guantánamo. El cultivo objeto de estudio fue la yuca (*Manihot sculentum*) y se empleó la variedad Señorita Blanca, mejor adaptada a las condiciones edafoclimáticas del territorio y se sembró el 18 de febrero hasta noviembre del 2013.

Se utilizó un suelo Pardo cálcico según la Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba (Hernández *et al.*, 1999), y las características químicas del suelo aparecen en la tabla 1.

En la Tabla 1. Muestras para el análisis químico del suelo fueron tomadas a 30 cm de profundidad. Para su secado, molinado y tamizado de las muestras se empleó la ISO 11464:1999. El pH se determinó según la NC-ISO-10390 mediante el empleo del método Potenciométrico; para el contenido de materia orgánica se utilizó el método de Machiguin según lo estipulado en la NC-51:1999, la NC-52:1999 para el caso del fósforo y potasio por el método del Colorímetro.

**Tabla 1.** Características químicas del suelo previo al experimento según (Instituto de Suelos Guantánamo).

pH	MO (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg 100 g <sup>-1</sup> )	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>
			Cmol <sup>+</sup> . kg suelo <sup>-1</sup>			
6,97	2,80	4,926	39,70	7,88	1,32	0,64

### 3.1.1. Datos climáticos durante el periodo experimental.

En el periodo de investigación se tuvieron en cuenta los datos climáticos de la localidad, los cuales se obtuvieron del Centro Meteorológico Provincial de Guantánamo y de la Red Pluviométrica del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (Tabla 3).

**Tabla 3. Condiciones climáticas durante el periodo experimental**

Variable	Periodo experimental									
	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N
Temp. Máx. Media (°C)	31.7	32,6	32,7	31.5	29.9	28.6	30.6	28.6	30.6	30.9
Temp. Mín. Media (°C)	19,4	19,3	20,4	20	19.0	19.38	20.8	18.0	18.3	19.0
Humedad	72	68	70	79	69	72	73	67	69	69.1

### 3.2. Metodología empleada

La preparación del suelo se realizó según normas técnicas para el cultivo de yuca, así como las atenciones culturales, garantizando un desarrollo adecuado.

Esta preparación del suelo fue realizado a través de la tracción animal y se inició con una roturación, un cruce, pase de rastrillo, otro cruce y pase de rastrillo, al terminar dichas labores se efectuó el surcado para la realización de la plantación.

Para la plantación se utilizaron estacas de calidad, procedentes de la Finca de Semillas de Guantánamo, ubicada en el km 6 ½ carretera de Caimanera. La distancia de plantación utilizada fue de 0,90 x 1,00m. El corte de la estacas se realizó en el aire, lo más uniforme posible, evitando desgarrar la corteza o astillar el leño, para lo cual se hizo un pequeño corte en un lado, se giró el tallo 180° y se realizó el otro corte.

La longitud de la estaca fue de 15-20 cm para plantación por el método horizontal y tenían como mínimo de 7-9 yemas se procedió a la siembra siguiendo las indicaciones de los métodos que a continuación relacionamos:

Método horizontal: Es el método más usado, las semillas se plantaron de forma horizontal a una profundidad de tapado entre 5 y 8 cm. En este métodos se partió el camellón antes de la plantación Según lo establecido por el instructivo técnico de la yuca (MINGRI. 2007).

### **3.3. Aplicación de las diferentes alternativas.**

La cepa de hongo micorrízico arbuscular empleado se obtuvo en el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) a través de su producto comercial Ecomic, con una concentración de 35 esporas por gramos de suelo y producido a base *Rhizophagus intraradice*, que es considerada la cepa con mejores resultados en las condiciones edafoclimáticas donde se realizó el estudio.

#### **Inoculación:**

Se inspeccionaron las estacas que estuviesen en óptima condiciones, se le realizándole una peletización introduciendo cada punta de las estacas en una mezcla de 1kg de hongo micorrízico para 1.2 litro de agua.

El abono verde utilizado fue *Canavalia ensiformis* donde se emplearon 30kg de semilla y se sembró a los 60 días de sembrado el cultivo. El Fertilizante utilizado fue fórmula completa NPK (9-13-17) en la siembra como fondo, con una relación 2:1:3 de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O.

### **3.4. Atenciones culturales realizadas al cultivo.**

Pasado 15 días de la brotación se efectuó el primer deshierbe para evitar el crecimiento de las plantas indeseables y al cumplir el mes de brotado se efectuó un desaporque con tracción animal, con el objetivo de evitar la inundación en caso de abundantes lluvias que no afectara dicha plantación.

Se realizaron cada 30 días con un arado de doble vertedera y tracción animal hasta que el cultivo lo permitió.

### **3.5. Tratamientos utilizados en el estudio.**

**Las combinaciones de los factores en el estudio los encontramos a continuación:**

- I. Yuca sin HMA
- II. Yuca con HMA
- III. Yuca con HMA+ un surco de canavalia 60 días DS
- IV. Yuca con HMA+ dos surcos de canavalia 60 días DS
- V. Yuca con HMA +25% de NPK
- VI. Yuca con HMA +50% de NPK
- VII. Yuca con HMA +75 %de NPK
- VIII. Yuca con HMA +100% de NPK
- IX. Yuca sin HMA +100 %de NPK

### **3.6. Variables evaluadas.**

#### **1. Altura del tallo.**

La altura de la planta se evaluó desde la superficie del suelo hasta la parte superior del tallo y para ello se utilizó una regla graduada. Se utilizó una frecuencia de evaluación cada dos meses hasta los 6 meses de edad.

#### **2. Diámetro del Tallo:**

El diámetro de la planta se evaluó desde a una altura de 10cm de la superficie del suelo para ello se utilizó el pie de rey. Se midió una sola vez en el momento de la cosecha.

#### **3. Número de vástagos:**

Se realizaron por conteos directos a las plantas controles en todas las mediciones realizadas.

#### **4. Cantidad de ramificaciones:**

Se realizó por conteos directos a las plantas controles en todas las mediciones realizadas

**5. Número de raíces comerciales (10 meses):**

Se realizó por conteo directo a las plantas controles en el periodo de cosecha.

**6. Peso de las raíces comerciales.**

Las raíces comerciales se pesaron en una balanza analítica

**7. Longitud de las raíces.**

Se realizó en el momento de la cosecha mediante la medición de todas las raíces comerciales de cinco plantas.

**8. Rendimiento (t. ha<sup>-1</sup>).**

Se cosecharon todas las plantas del área de cálculo por parcelas y esos rendimientos se extrapolaron a una hectárea de superficie.

**3.7. Análisis estadísticos**

La información fue sometida a análisis de varianza y las diferencias entre los tratamientos se determinaron con la prueba de rango múltiple de Duncan para un 95% y se utilizó el paquete estadística Statgraphics Plus versión 5.0.

**3.8. Análisis económico**

El análisis económico de los resultados del experimento se realizó a partir de cada uno de los factores que intervinieron en las relaciones económicas que se establecen en el país y se aplicó la metodología propuesta por la FAO (1980), y modificada por Riera (2003), donde se evaluaron los siguientes indicadores:

- ❖ Valor de la producción (\$·ha<sup>-1</sup>).
  - ❖ Costo de producción (\$·ha<sup>-1</sup>).
    - Beneficios (\$·Ha<sup>-1</sup>).
- 
- Para el cálculo de estos indicadores, se utilizó como información básica:

Materiales y Métodos.....Trabajo de Diploma

1. Precios de venta de biofertilizantes (\$ Kg<sup>-1</sup>), según Listado de Precios del INICA (Cuba INICA, 2000).

Micorrizas ----- \$ 4,50

1. Tarifas de preparación de suelos (\$ Ha<sup>-1</sup>), según Listado Oficial de Precios de Servicios Agropecuarios Y Resolución No. 244-99 Del MINAG (Cuba MINAG, 1999).

No.	Actividades	Tarifa (\$ ha <sup>-1</sup> )
1	Rotura.....	\$ 34,06
2	Grada.....	\$ 18,53
3	Surca.....	\$ 19,13
4	Preparación de semilla.....	\$ 194,99
5	Traslado de semilla.....	\$ 19,19
6	Siembra y tape.....	\$ 120,48
7	Riego.....	\$ 18,75
8	Cultivo/ buey.....	\$ 72,48
9	Limpia manual.....	\$ 273,93
10	Cosecha.....	\$ 66,89
2	Grada.....	\$ 18,53

2. Precios de las semillas adquiridas (\$ Kg<sup>-1</sup>), según Listado Oficial de Precios de Semillas del MINAG (Cuba MINAG, 2002).

❖ Canavalia----- \$1,50 (\$27 ha).

❖ Yuca ----- \$ 60,00 (1000 estacas, \$555.55 ha )

3. Precios de productos acopiados (t.ha<sup>-1</sup>), según Listado Oficial de Precios de Semillas del MINAG (Cuba MINAG, 2002).

*Materiales y Métodos.....Trabajo de Diploma*

❖ Yuca ----- \$1630.00 (t)

❖

## **IV. Resultado y discusión**

### **4.1. Resultado del crecimiento**

En la tabla 3 se puede observar la altura del cultivo de la yuca, donde se muestra que los tratamientos que contienen HMA + NPK en las dos etapas de evaluación (90 y 180 días) presentaron los valores superiores, esto evidencia la necesidad de elevar los contenidos de nutrientes en este suelo para lograr el desarrollo adecuado del cultivo.

Por otra parte se demuestra la importancia que tiene la aplicación de micorriza en el desarrollo del cultivo de yuca, posiblemente a través de sus efectos en la nutrición mineral y en la exudación de sustancia de crecimiento que benefician a los cultivos cuando se establece una simbiosis efectiva.

De forma directa, las micorrizas aumentan en las raíces la toma de nutrientes minerales y agua del suelo debido a que poseen micelio externo que explora gran volumen de suelo que no está micorrizado (Sánchez ,1999 y Fernández, 2003). En este proceso se acepta que el papel clave de las micorrizas radica en que las hifas del hongo extienden el campo de absorción en la raíz más allá de la zona normal de agotamiento (en 1-5 mm), y permiten a la raíz incrementar su superficie de absorción y explorar un volumen de suelo mayor del que lo hacen las raíces no micorrizadas, concretamente hasta 7 cm de la superficie.

**Tabla 3.** Comportamiento del crecimiento del cultivo de yuca en las diferentes etapas evaluadas a los (90 y 180 días).

<b>Tratamientos</b>	<b>Altura 90 días</b>	<b>Altura 180 días</b>
TI. Yuca sin HMA	0,70c	1,69c
TII. Yuca con HMA	0,80bc	1,70bc
TIII. Yuca con HMA+ un surcos de canavalia	0,76c	1,77bc
TIV. Yuca con HMA+ dos surcos de canavalia	0,77c	1,73bc
TV. Yuca con HMA +25% de NPK	0,79bc	1,79abc
TVI. Yuca con HMA +50% de NPK	0,81abc	1,79abc
TVII. Yuca con HMA +75% de NPK	0,83abc	1,80abc
TVIII. Yuca con HMA +100% de NPK	0,88abc	1,82ab
TIX. Yuca sin HMA +100 %de NPK	0,91a	1,88a
<b>E.Ex</b>	<b>0,035</b>	<b>0,045</b>

#### **4.2. Cantidad de hojas y de tallo**

En la figura 1 se demuestra una tendencia definida al aumento de la cantidad de hojas con el incremento de la dosis de fertilizantes NPK, donde la aplicación de la dosis completa de fertilización alcanzó los mayores valores, con diferencias significativas en los tratamientos que recibieron dosis de fertilizantes iguales o inferiores al 25% de la dosis completa.

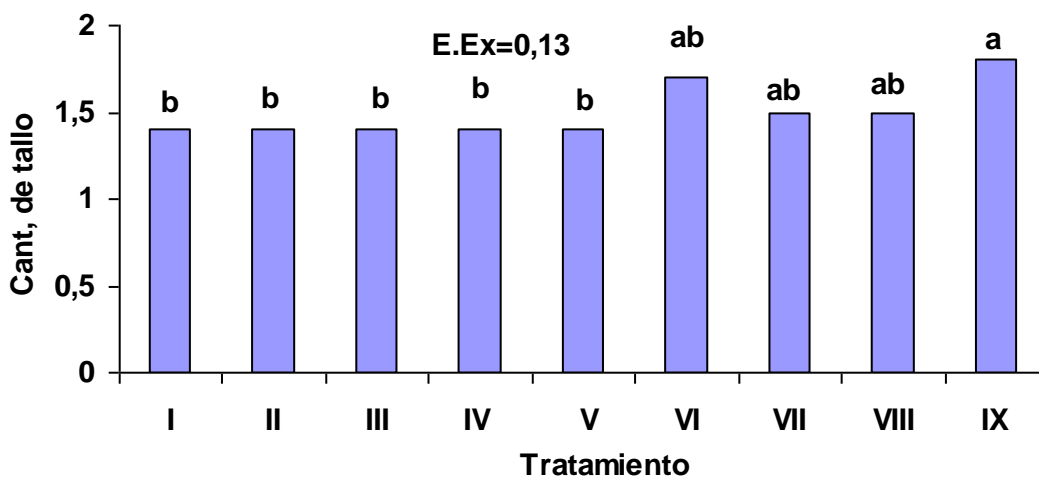
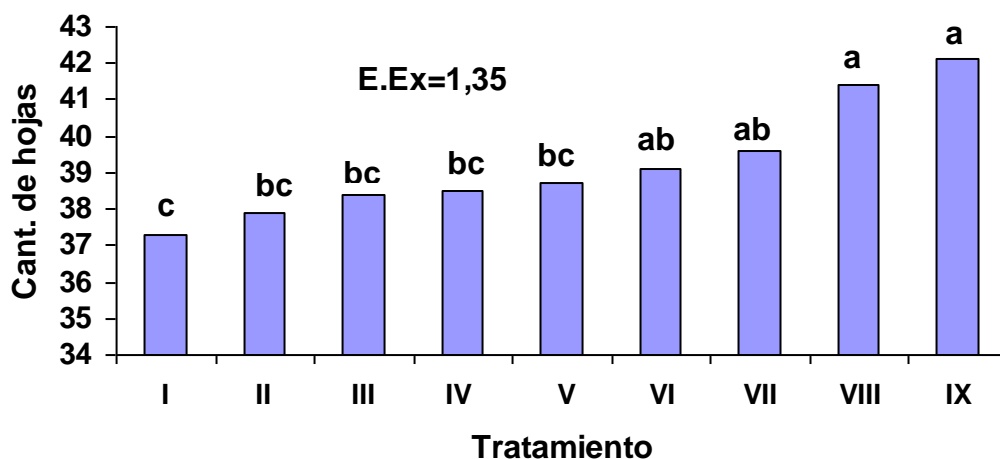
Esta variable es muy importante para el desarrollo del cultivo porque define su área foliar, que es determinante en la obtención del rendimiento. En este importante indicador la micorríza, juegan un importante papel porque mejoran la eficiencia en la absorción de fertilizante y por tanto disminuyen la contaminación ambiental del cultivo.

## Resultados y Discusión.....Trabajo de diploma

Además, se ha logrado poner de manifiesto que las raíces micorrizadas absorben más eficazmente los fosfatos que las no micorrizadas y han calculado que en un centímetro de raíz micorrizada posee unos 80cm de hifas externas. Aunque, Miyasaka, (1994) en estudios realizados concluyó, que la absorción más eficiente por las raíces micorrizadas se debe fundamentalmente a una aceleración de la disociación del fosfato insoluble.

Cuando se analiza el comportamiento de la cantidad del tallo, se encontraron variaciones mínimas, solamente entre la dosis completa de fertilización con los inferiores al 25 % de la norma de fertilización.

Al parecer esta variable depende más de las características genéticas de la variedad o algún daño mecánico u obstrucción del crecimiento, donde se pierde la dominancia apical y propicia el brote de nuevos vástagos.



**Figura 1.** Comportamiento de la cantidad de hojas y del tallo en los diferentes tratamientos.

**Letras iguales no difieren según d'Arcangelo para  $p < 0,05$ .**

TI. Yuca sin HMA; TII. Yuca con HMA; TIII. Yuca con HMA+ un surcos de canavalia 60 días DS; TIV .Yuca con MA+ dos surcos de canavalia 60 días DS; TV. Yuca con HMA +25% de NPK; TVI. Yuca con HMA +50% de NPK; TVII. Yuca con HMA +75% de NPK; TVIII. Yuca con HMA +100% de NPK; TIX. Yuca sin HMA +100 %de NPK.

### **4.3. Análisis de los componentes del rendimiento.**

En la figura 2 se muestra el comportamiento de la cantidad de raíces tuberosa, donde su tendencia no se corresponde totalmente con el incremento disminución de las dosis de fertilización aplicada. Este resultado puede estar relacionado con la genética del cultivo, porque en general, sus limitaciones referentes a la nutrición vegetal se reflejan más en la acumulación total en las raíces y menos en la cantidad de raíces por plantas.

Se debe destacar además que puede ser afectada por las condiciones específicas del suelo y la posición que ocupe dentro de la distribución espacial de las raíces en el entorno de la planta.

En correspondencia con lo encontrado González, (2008) ha señalado que los HMA incrementan el crecimiento de las plantas y los rendimientos agrícolas, los cuales oscilan por lo general entre 20 y 60 %; también aumentan el aprovechamiento de los fertilizantes y de los nutrientes del suelo, y por consiguiente, disminuyen los costos por concepto de aplicación de estos insumos, no degradan los suelos, contribuyendo a la regeneración de los mismos.

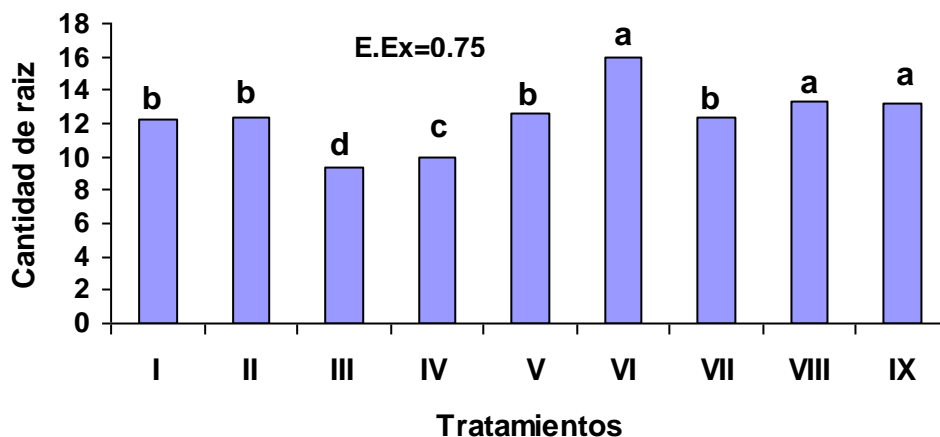


Figura 2. Cantidad de raíces tuberosa en la cosecha de los tratamientos.

**Letras iguales no difieren según dócima de duncan para  $p < 0,05$ .**

TI. Yuca sin HMA; TII. Yuca con HMA; TIII. Yuca con HMA+ un surcos de canavalia 60 días DS; TIV .Yuca con MA+ dos surcos de canavalia 60 días DS; TV. Yuca con HMA +25% de NPK; TVI. Yuca con HMA +50% de NPK; TVII. Yuca con HMA +75% de NPK; TVIII. Yuca con HMA +100% de NPK; TIX. Yuca sin HMA +100 %de NPK.

#### 4.4. Longitud de raíz

En la figura 3 se muestra la longitud de las raíces de yuca donde podemos observar que los resultados de los tratamientos no se corresponden con el incremento de la dosis de fertilizantes o la aplicación de micorriza. Parece ser que como parte de la preparación de las plantas para acumular sustancia de reservas, todas las plantas por capacidad genética tiene una estructura definida y por tanto no se diferencian significativamente si no encuentran obstáculos que inhiba este crecimiento longitudinalmente.

Se debe tener en cuenta que el suelo presenta profundidad adecuada para todos los tratamientos y la acumulación total de sustancia dependió más de su engrosamiento que de la longitud que alcanzaron sus raíces.

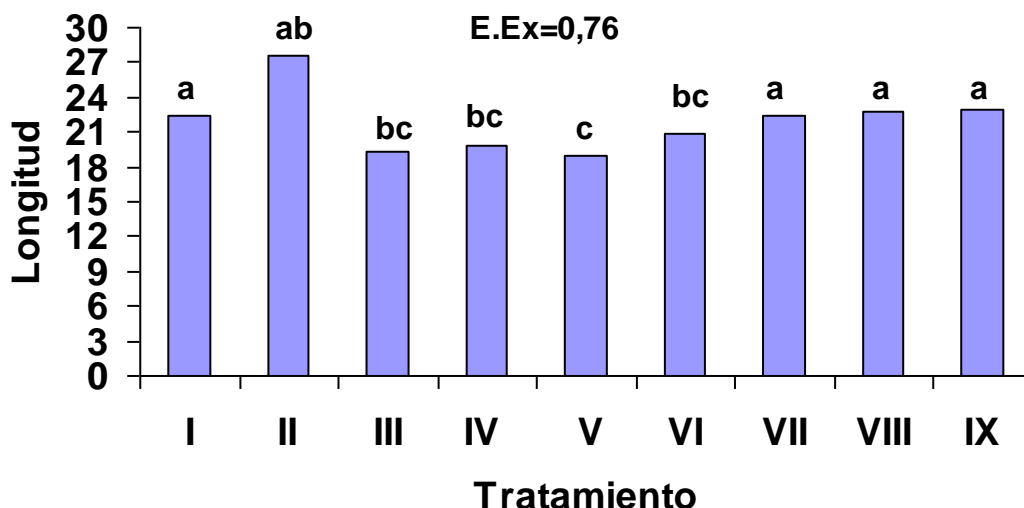


Figura 3. Comportamiento de la longitud de la raíz tuberosa en los diferentes tratamientos.

**Letras iguales no difieren según d'Arcangelo para  $p < 0,05$ .**

TI. Yuca sin HMA; TII. Yuca con HMA; TIII. Yuca con HMA+ un surcos de canavalia 60 días DS; TIV .Yuca con MA+ dos surcos de canavalia 60 días DS; TV. Yuca con HMA +25% de NPK; TVI. Yuca con HMA +50% de NPK; TVII. Yuca con HMA +75% de NPK; TVIII. Yuca con HMA +100% de NPK; TIX. Yuca sin HMA +100 %de NPK.

#### **4.5. Producción de masa seca.**

Para la producción de materia se escogió un grupo de tratamientos que marcaba los diferentes estados nutricionales y representativos del resto de los tratamientos y para ello fueron seleccionados el TI; testigo, TIV; micorrizado con dos surco de canavalia; TVI; Yuca micorrizada y con 50% de fertilización y TIX; con el 100% de fertilización.

En la tabla 4 se observa que la producción de materia seca de las raíces tuberosas se incrementó en los tratamientos que se aplicaron el 50% y el 100% de fertilización con NPK, demostrándose la necesidad de incrementar los niveles de fertilidad del suelo para obtener rendimientos adecuados.

Se debe destacar que al aplicar la dosis de 50% de NPK unidos a la aplicación de micorriza, los resultados fueron similares al 100% de las dosis de fertilización. Estos resultados se corresponden con los efectos positivos de ambas combinaciones en el incremento de la materia seca.

## Resultados y Discusión.....Trabajo de diploma

Los resultados encontrados corroboran lo planteado por Batista y Felipe (1990). Pues la aplicación de nutrientes estimula el crecimiento foliar y de la raíces en las plantas contribuyendo de forma eficiente al incremento de la materia seca.

(González, 2008) encontró que las micorrizas aumentan la capacidad de suministro de nutrientes estimulando el crecimiento de las raíces y otros órganos del cultivo.

Los estímulos en el crecimiento de las plantas que se atribuyen a los hongos formadores de micorrizas Arbusculares (HMA) están fuertemente correlacionados con una mayor absorción y aprovechamiento de los nutrientes, incluidos aquellos de muy baja solubilidad, a partir del aumento del volumen de suelo que exploran las raíces (Almeida *et al.*, 2002 y Fernández, 2003).

Las micorrizas arbusculares, constituyen uno de los biofertilizantes que deben ser considerados en el diseño de sistemas agrícolas sostenibles, pues además de ser componentes inseparables de las plantas pueden constituir sustitutos biológicos de los fertilizantes minerales. (Filho, 2004).

Los valores del porcentaje materia seca encontrado para el tallo en los cuatro tratamientos seleccionados alcanzó valores inferiores que el porcentajes de materia seca en las raíces y solo se diferenció el tratamiento testigo de los tratamientos fertilizados.

Los resultados se corresponden con las características de cada órgano, ya que los órganos de reservas como las raíces tuberosas tienen estructuras diferentes que dotan al órgano para la acumulación de mayor cantidad de sustancias de reservas.

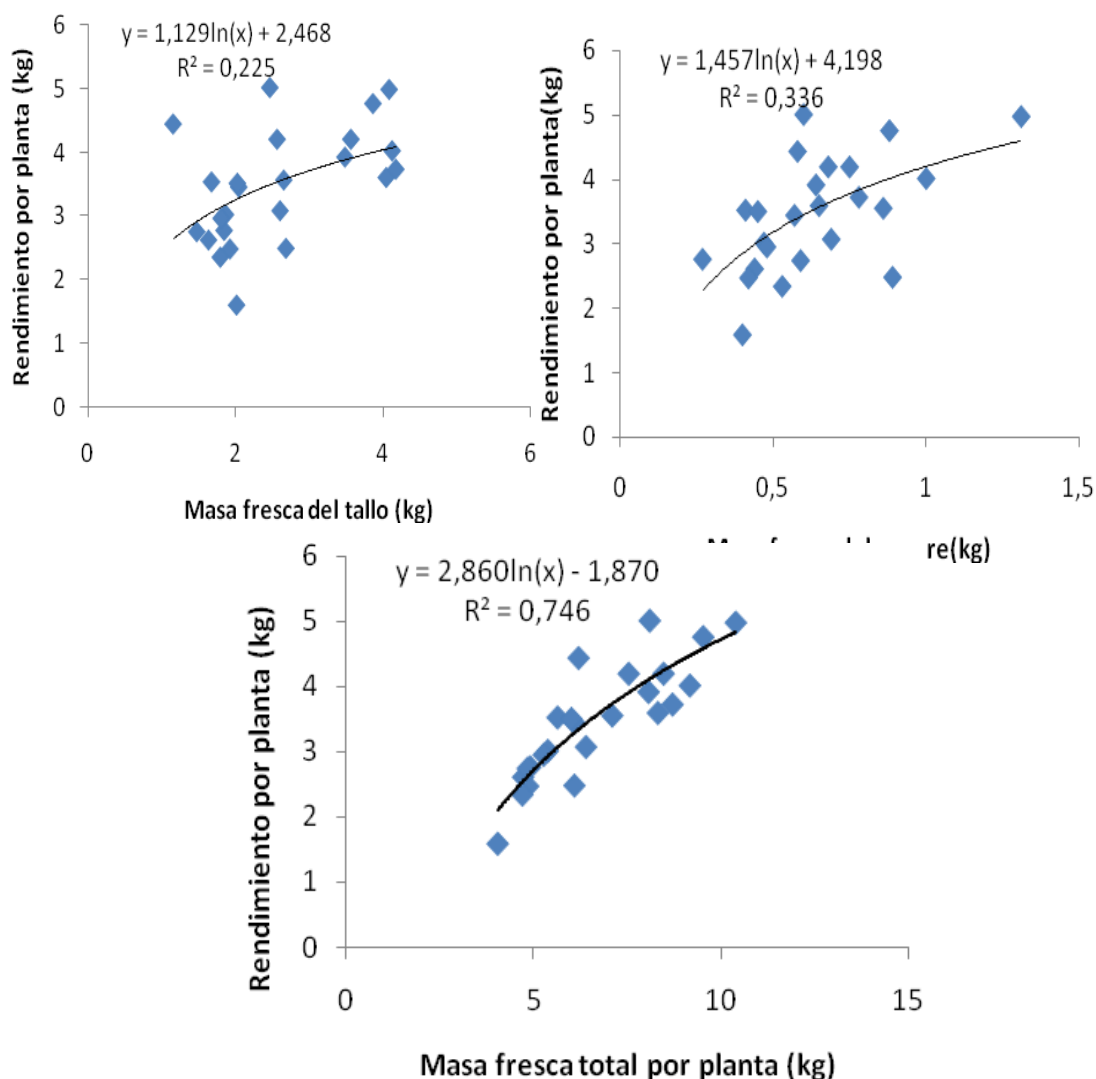
**Tabla 4. Análisis de la producción de masa seca (%) por órganos en los cuatro tratamientos seleccionados.**

Tratamiento	Materia seca de la raíz tuberosa. (%)	Materia seca del tallo. (%)
TI. Yuca sin HMA	30,79b	23,13b
TIV. Yuca con HMA+ dos surcos de canavalia	31,75b	24,55ab
TVI. Yuca con HMA +50% de NPK	33,44a	25,52a
TIX. Yuca sin HMA +100 %de NPK	33,95a	26,0a
E.Ex	0,81	0,6

#### **4.6. Producción de masa fresca**

En la figura 4 se observa que en las relaciones establecidas con la materia fresca de los diferentes órganos de la plantas con los rendimientos por plantas, la producción materia fresca del tallo y del cangre influyeron ligeramente en los rendimiento de las plantas de yuca, sin embargo, la producción total de materia seca por plantas si influyó en más del 70 % de los resultados encontrados en este rendimiento. Lo que significa que más del 70 % del rendimiento por plantas obtenido, depende de la cantidad de materia fresca que sea capaz de producir las plantas. Esto constituye una herramienta para predecir los rendimientos de este cultivo en las condiciones de los suelos Pardos cálcico del municipio en condiciones similares de clima.

Los beneficios pueden incluir en la conservación del suelo, pues los agregados de mayores dimensiones formados por las hifas micorrízicas, mejoran la capacidad de retención de agua (Sánchez y González, 2011).



**Figura 4. Relaciones entre la masa fresca de diferentes órgano con el rendimiento por planta en el cultivo de yuca**

**Letras iguales no difieren según dócima de duncan para  $p < 0,05$ .**

TI. Yuca sin HMA; TII. Yuca con HMA; TIII. Yuca con HMA+ un surcos de canavalia 60 días DS; TIV .Yuca con MA+ dos surcos de canavalia 60 días DS; TV. Yuca con HMA +25% de NPK; TVI. Yuca con HMA +50% de NPK; TVII. Yuca con HMA +75% de NPK; TVIII. Yuca con HMA +100% de NPK; TIX. Yuca sin HMA +100 %de NPK.

#### **4.7. Análisis de la producción de materia seca producida por la canavalia intercalada con el cultivo de yuca**

En la Tabla 5 se muestra el porcentaje de materia seca del las hojas, el tallo y la cantidad total incorporada al suelo en los dos tratamientos y no se encontró diferencias significativa en los porcentajes de materia seca de hojas y tallos

independientemente de la densidad de plantas estudiadas, es decir, con una y dos hileras respectivamente, lo que significa que las condiciones para su adecuado desarrollo estaban creadas dentro del cultivo de yuca.

Sin embargo se debe señalar que en la incorporación total de materia seca en cada hectárea se evidencian diferencias significativas y el tratamiento donde se sembraron dos hileras superó en más del 32% al tratamiento donde se sembró una hilera.

Al respecto Martín *et al.*, (2010) al inocular cepas eficientes de micorrizas a plantas de *Canavalia ensiformis* demostraron que mientras mayor es el contenido de masa seca, mayores son los aportes nutricionales que este abono verde puede hacer de forma individual.

Las diferencias encontradas en la cantidad de materia seca incorporada no repercutió significativamente en las variables de crecimiento y desarrollo del cultivo de yuca, posiblemente porque el rebrote de la canavalia después del primer corte y su incorporación, el exuberante e intenso crecimiento del cultivo de yuca limitó el desarrollo posterior de los rebrotes de canavalia, demostrando un crecimiento muy debilitado e ínfima producción de materia seca.

**Tabla 5. Producción de masa seca de la canavalia intercalada en el cultivo de yuca.**

<b>Tratamiento</b>	<b>% M seca Hoja</b>	<b>% M seca Tallo</b>	<b>Producción Materia seca (t . ha<sup>-1</sup>)</b>
TIII. Yuca con HMA+ un surcos de canavalia 60 días DS.	23,5	24,3	1,84b
TIV .Yuca con HMA+ dos surcos de canavalia 60 días DS.	24,1	25,1	2,65a
<b>E.Ex</b>	1,08ns	1,18ns	0,04

#### **4.8. Resultado de rendimiento de yuca en los diferentes tratamientos**

En la figura 5 se muestra el rendimiento por tratamientos, donde se ha alcanzando un mayor resultado especialmente el TVI, TVII, TVIII y TIX, con rendimientos por encima de 4,2kg .planta<sup>-1</sup>, lo que evidencia que con la aplicación del hongos micorrízicos y la aplicación del 50 % de la norma completa de fertilización se obtiene rendimientos similares.

La inoculación de HMA, es capaz de garantizar el aumento de la absorción de nutrientes y mejorar las propiedades físicas y biológicas del suelo, lo que propicia mayor desarrollo del cultivo y el significativo incremento del rendimiento del cultivo.

Riera (2003). Señaló que al inocular hongos micorrízicos arbusculares aumentan la efectividad de absorción de nutrientes, conservan la fertilidad y mejoran las propiedades físicas del suelo. Además, Velasco y Zambrano (2000) igualmente destacan que el papel de las micorrizas es ayudar a las plantas a incrementar la eficiencia de la utilización del fósforo.

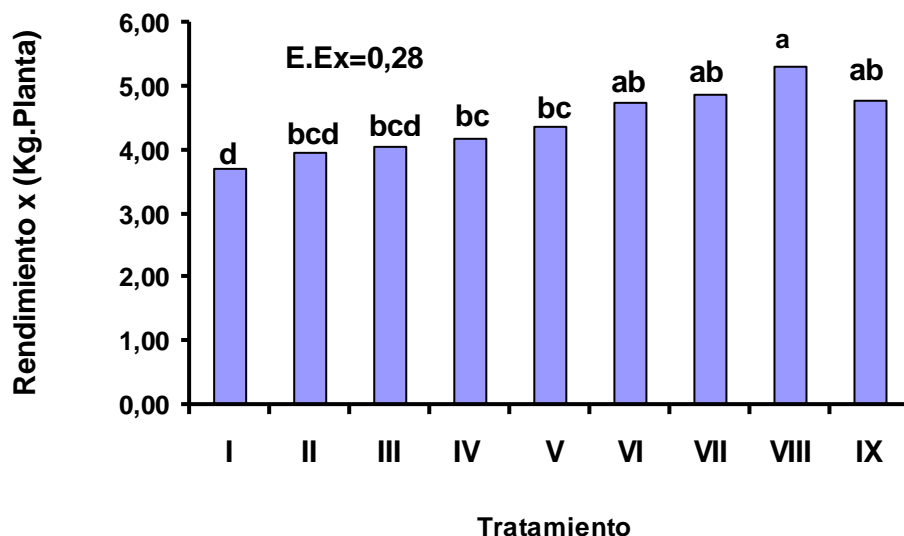


Figura 5. Rendimiento alcanzado en el cultivo de yuca a los 300 días en plantaciones de yuca plantadas con diferentes tipos de fertilización.

**Letras iguales no difieren según dócima de duncan para  $p < 0,05$ .**

TI. Yuca sin HMA; TII. Yuca con HMA; TIII. Yuca con HMA+ un surcos de canavalia 60 días DS; TIV .Yuca con MA+ dos surcos de canavalia 60 días DS; TV. Yuca con HMA +25% de NPK; TVI. Yuca con HMA +50% de NPK; TVII. Yuca con HMA +75% de NPK; TVIII. Yuca con HMA +100% de NPK; TIX. Yuca sin HMA +100 %de NPK.

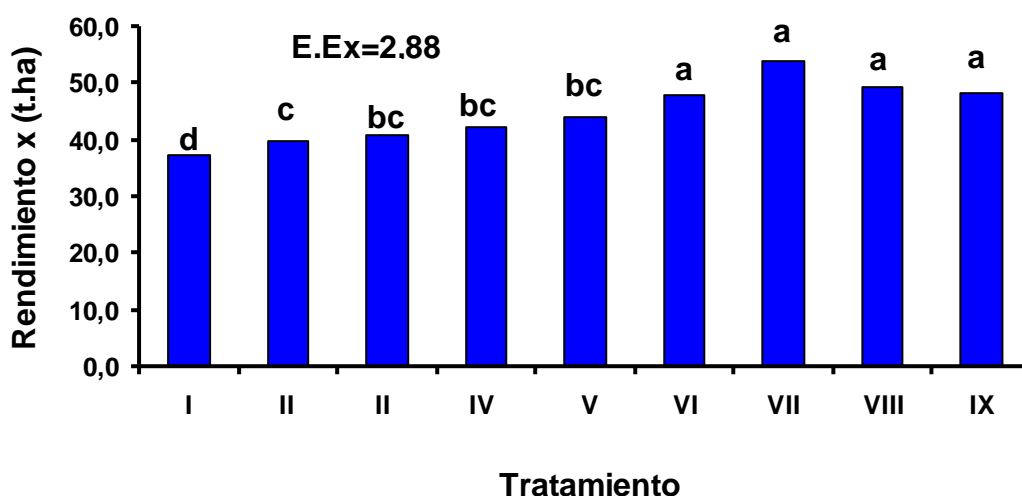
4.8.1 Al analizar el rendimiento por hectárea del cultivo en las condiciones donde se desarrolló el experimento (Figura 6), se observó la misma tendencia que el rendimiento por planta. Pero se debe destacar que los rendimientos obtenidos en esta investigación duplican la media obtenida en la zona en condiciones de producción.

Por otra parte, se observa una tendencia al incremento de los rendimientos cuando se combina la micorriza con el fertilizante mineral hasta el 75 % de la dosis empleada, y a partir de esta, aunque no hay diferencias significativas, comienzan a declinar. Estos resultados pudieran estar relacionados con el posible exceso de nutrientes que se produce cuando se aplica el 100% de la dosis de fertilizantes minerales, demostrándose la efectiva combinación de la micorriza con los fertilizantes minerales

La utilización de las micorrizas como biofertilizantes no implica que se pueda dejar de fertilizar, sino que la fertilización se haga más eficiente y puedan

disminuirse las dosis que se aplican al incrementar el porcentaje de absorción de los nutrientes por la planta. (Walker, Satir y Stephenson, 1990).

Así mismo, Raddatz, (2002) reporta que en la asociación, el hongo recibe de la planta productos fotosintéticos (fotosintatos), los cuales son adquiridos por el hongo en un porcentaje de 1 a 12% de todos los fotosintatos asimilados por la planta, los que a su vez son intercambiados en las células del parénquima de la raíz por moléculas que contienen fósforo, nitrógeno, potasio, magnesio, zinc, azufre, calcio, entre otros.



**Figura 6.** Rendimiento de la plantación de yuca ha en los diferentes tratamientos impuesto en un suelo Pardo cálcico del municipio el Salvador.

**Letras iguales no difieren según dócima de duncan para  $p < 0,05$ .**

TI. Yuca sin HMA; TII. Yuca con HMA; TIII. Yuca con HMA+ un surcos de canavalia 60 días DS; TIV .Yuca con MA+ dos surcos de canavalia 60 días DS; TV. Yuca con HMA +25% de NPK; TVI. Yuca con HMA +50% de NPK; TVII. Yuca con HMA +75% de NPK; TVIII. Yuca con HMA +100% de NPK; TIX. Yuca sin HMA +100 %de NPK.

4.8.2. En la tabla 6 aparece el análisis económico realizado a las producciones obtenidas por los diferentes tratamientos aplicados. Se demostró el aumento de los costos totales en los tratamientos con mayores dosis de aplicación de los fertilizantes, pero como el rendimiento aumentó con el incremento de las dosis, el valor de la producción obtenida fue directamente proporcional al aumento de las dosis de fertilizantes aplicadas.

## Resultados y Discusión.....Trabajo de diploma

Al analizar las ganancias obtenidas por tratamientos se demostró la factibilidad económica y ambiental de la utilización de las combinaciones de la aplicación de micorriza unida a los fertilizantes minerales con una ganancia superior en el tratamiento TVII, donde se utiliza HMA con el 75 % de la dosis de fertilizantes minerales. Sin embargo se debe destacar que la ganancia por el tratamiento TVI, HMA con el 50% de la fertilización mineral obtuvo similares a los tratamientos donde se aplican el 100% de la fertilización mineral Tabla 6. Análisis económico en las diferentes alternativas de plantación del cultivo de yuca.

Tratamientos	Rendimiento (t.ha <sup>-1</sup> )	Valor de la Producción (\$. ha <sup>-1</sup> )	Costo Total (\$. ha <sup>-1</sup> )	Ganancia (\$. ha <sup>-1</sup> )
TI. Testigo	37,44	32164,0	3262,35	28901,65
TII. Yuca con HMA	40,00	34400,6	3288,35	31112,25
TIII. Yuca con HMA+ un surcos de canavalia	40,88	35156,8	3300,0	31856,8
TIV. Yuca con HMA+ dos surcos de canavalia	42,43	36489,8	3330,4	33159,4
TV. Yuca con HMA +25% de NPK	44,19	38003,4	3430,8	34572,6
TVI. Yuca con HMA +50% de NPK	47,99	41271,4	3535,5	37735,9
TVII. Yuca con HMA +75% de NPK	53,84	46302,4	3640,0	42662,4
TVIII. Yuca con HMA +100% de NPK	49,39	42475,4	3745,4	38730
TIX. Yuca sin HMA +100 % de NPK	48,47	41684,2	3719,5	3796,7

## **V. Conclusiones**

- Los resultados económicos indicaron la factibilidad del uso de alternativas biológicas en la obtención de altos rendimientos del cultivo de la yuca en las condiciones del municipio del Salvador.
- Los mayores niveles del rendimiento se obtuvieron en los Tratamientos en los que existían las combinaciones de micorriza unida a los fertilizantes minerales sin tener que aumentar las dosis para lograr incrementar el porcentaje de absorción de los nutrientes por las plantas.

## **VI. Recomendaciones**

1. Utilizar la inoculación con HMA + Dosis de fertilización en diferentes cultivos para aumentar las eficiencias en la absorción de nutrientes, los rendimientos y conservar o mejorar la fertilidad y las propiedades físicas del suelo.
2. Repetir el experimento utilizando otro HMA.
3. Que esta tesis constituya un material de estudio para otros estudiantes interesados de pre y posgrado, así como de la carrera de ingeniería agropecuaria.

## **Bibliografía:**

1. Álvarez, M. 2000. Los abonos verdes: una alternativa para la producción sostenible de maíz en las condiciones de los suelos Ferralíticos Rojos de la Habana. Tesis de Maestría en Nutrición de las Plantas y Biofertilizantes. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. UNAH. La Habana. 69 p.
2. Augé, R. M. 2001. Water relations, drought and vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis, en *Mycorrhiza*. 11: 3-42.
3. Barea J. M. 2003. Las micorrizas arbusculares componente clave en la productividad y estabilidad de agroecosistemas. Departamento de Microbiología del Suelo y Sistemas Simbióticos, Estación Experimental del Zaidín, Granada, España, 50 p.
4. Bolaños, M.; F. Poey. 2004. Interacción de rendimientos de tubérculos con biofertilizantes en diferentes densidades de población. In: Memorias VI Reunión de Maiceros de la Zona Andina. Maracay – Venezuela Cadavid L. F. Conservación del suelo dedicado a la yuca. En: La yuca en el tercer milenio. Sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) Cali, Colombia. 105 – 125 p, (2002).
5. Bustamante, C. et al., (2002) Sistema de fertilización mineral y biofertilización.
6. Centro Meteorológico de Gtmo 2008.
7. CIDA, 2004. Estudio de tres fuentes y dosis de materia orgánica interrelacionadas con fertilizantes químicos para la producción de plántulas de Coffea Arabica, cultivar Isla 6-12 y los índices de crecimientos.
8. Colectivo de Autores. Abonos verdes de verano. Tierra Fértil, Brasil, disponible en [http://WWW.tierra fértil.com](http://WWW.tierra_fértil.com) consultado en noviembre.
9. Correa, Y. R. 2010. Estudio preliminar de la capacidad de un suelo para retener gases con efecto invernadero (GEI) en un ciclo de

- cultivo de maíz (*Zea mays* L.) bajo abonos verdes. Trabajo de grado. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. 61 p.
10. Cruz, A. Alberto J. Betancour Sardiñas, Álvarez, U. Hernández; Sánchez G. Tompson. 2010. Influencia de la siembra directa de *Canavalia ensiformes* (L.) sobre *Empoasca* spp. ISSN papel: 0253-5785 ISSN on line: 2072-2001. Centro Agrícola, 37(2): 91.
  11. Embrapa, Agrobiología. 2007. Base de datos. Leguminosas.
  12. Especies utilizadas como Abono verde o Cultivo de Cobertura. Disponible en: <http://www.cidicco.hn/especies/canavalia.html>. (Consultado en Noviembre de 2013).
  13. FAO, 2000 Building on traditional gardening to improve household food security, summary. 13 p.).
  14. FAO, 2004. Building on tradicional gardening to improve household food security, summary, p:13.
  15. FAO. 2006. Los datos de FAOSTAT. 2006. Disponible en: <http://www.fao.org>. Conectado el 8 de abril del 2006.
  16. Fernández, F. 2003. La simbiosis micorrízica arbuscular. En: El manejo efectivo de la simbiosis micorrízica, una vía hacia la agricultura sostenible. Estudio de caso: El Caribe. Ediciones INCA, p: 11-48.
  17. Fernández, L., (2000). Gávez, G., Fundora, Z. Estudio de la heredabilidad del rendimiento y sus componentes en yuca (*Manihot esculenta* Grantz) Cultivos Tropicales 21(2):37-42 p.
  18. Filho, J.S.; Cardoso, A.N.; Carmona, R.; de Carvalho, A.M. 2004. Fitomassa e cobertura do solo de culturas de sucessão ao milho na Região do Cerrado. Pesq. Agropec. Bras. 39 (4): 327 – 334.
  19. Fonseca, C. 2000 Comportamiento del rendimiento y su componente en 19 clones de yuca (*Manihot esculenta* Grantz). Trabajo de Diploma en opción al título de ing. Agrónomo. UDG. Gramma. 48- 52 p.
  20. Galego, Raiza. 2003. Evaluación del impacto de la sequía en distintos períodos fenológicos del albaricoquero. Mecanismos de resistencias. [Tesis de grado], Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura. CEBAS, 278p.

21. Garay, A, E; J López 1991. Desarrollo de un sistema de abastecimiento de semillas de yuca doc. De trabajo No 99. Participación de los productores en la selección b de variedades de yuca memorias de un taller en el CIAT Palmira. Holguín 15 p.
22. González. A. J. 2008. Efecto 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 para optar por el título académico de Maestro en Ciencias en Nutrición de las Plantas y Biofertilizantes. La habana.
23. Gulick, P; Genetic. 1983. Resources of Cassava and wild relatives /p. Gulich y C; Hersby and. Roma; edita IBPGR; 56 p.
24. Harrier, L.A. Arbuscular Mycorrhizal (AM) Symbiosys: A Review of Signaling and Molecular Aspects of Root Colonization. Botanical Journal of Scotland 52 (2): 159-169, 2000.
25. Hernández, Aet al. Albina versión de la clasificación genética de los suelos de Cuba. 64 pp. AGROINFOR. Instituto de suelo MINAGRI, 1999 c.
26. López J. 2002. Semilla vegetativa de yuca. La yuca en el tercer milenio. Centro internacional de Agricultura tropical (CIAT) Cali, Colombia. 49-75 p
27. López MJ. 2000. Fertilidad del suelo y calidad de estacas de yuca (*Manihot esculenta Crantz*) Tesis (Maestría). Universidad Nacional de Colombia. 55 – 59 p.
28. Martín, Gloria., Lianne Arias y R. Rivera. 2010. Selección de las cepas de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) más efectivas para la *Canavalia ensiformis* cultivada en suelo ferralítico rojo. Cultivos Tropicales, vol. 31, no. 1, p. 27-3.
29. Mederos, V. 2006. Embriogénesis somática en yuca (*Manihot esculenta Crantz*). Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. Universidad de Ciego de Avila. Centro de Bioplasmas. Ciego de Avila, Cuba. p. 5.
30. Mejía de Tafur S. 2002. Fisiología de la yuca (*Manihot esculenta Crantz*). En: La yuca en el tercer milenio. Sistemas modernos de

producción, procesamiento, utilización y comercialización. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) Cali, Colombia. p33 – 44.

31. Mojena, M.; Bertolí, M. 2000. Comportamiento del Rendimiento y sus componentes en la yuca () en agroecosistema de intercalamiento con maíz (*Zea mays* L.) y frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) *Cultivos Tropicales*, vol. 21 (3), Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) La Habana, Cuba. pp: 61-66
32. Mosavi, SB.; Jafarzadeh, AA.; Nishabouri, MR.; Ostan, SH.; Feiziasl, V. 2009. Application of Rye green manure in Wheat rotation system alters soil water content and chemical characteristics under dryland condition in Maragheh. *Pakistan Journal of biological Science* 12 (2): 178-182.
33. Nieto M; Mariña, C; Sánchez, L. y Fonseca, M. Los abonos verdes. Una alternativa en la producción de tabaco negro. En Congreso Científico del INCA (16:2008, nov 24-28, La Habana. Memorias. CD-ROM. La Habana: Instituto Nacional de Ciencias Agrícola, 2008. ISBN 978-959-16-0953-3
34. Paneque, V.M.; Calaña, J. M.; Calderón, M.; Borges, Y.; Hernández, T.; Caruncho, M. 2010. Manual de técnicas analíticas para análisis de suelo, foliar, abonos orgánicos y fertilizantes químicos. Ediciones INCA, San José de las Lajas, La Habana, Cuba, 160 p.
35. Restrepo. J. Aporte de los Abonos verdes usados en la agricultura orgánica como cobertura. *Revista de abonos verdes*. Colombia p 3-6, (1996).
36. Riera- Nelson, M.C.; Manejo de la biofertilización con hongos micorrízicos arbusculares y rizobacterias en secuencias de cultivos sobre suelo Ferralítico Rojo. La Habana p- 87, (2010).
37. Rivera, R. y Fernández, Kallianne. 2003. Bases científico-técnicas para el manejo de los sistemas agrícolas micorrizados eficientemente. En: *El manejo efectivo de la simbiosis micorrízica, una vía hacia la agricultura sostenible*. Estudio de caso: El Caribe. Ediciones INCA, p: 49-94.

38. Rodríguez, S. 2004. Situación actual y perspectivas de los cultivos varios. Informe a la Asamblea Nacional del Poder Popular. Ministerio de la Agricultura. Ciudad de La Habana, 29 de Junio del 2004.
39. Rosset, 1996. Efecto socioeconómico y ecológico de la agricultura industrial e impacto ambiental de los organismos transgénicos. Agroecología y agricultura sostenible. Modulo 1. Ed. CLADES – CEAS. La Habana, Cuba. 1 – 20 p.
40. Ruiz, I.; r. Rivera, j. Simo y Carvajal.D. 2006. Nuevo método de inoculación con micorrizas en las raícesy tubérculos tropicales. XV Congreso del INCA. -- La Habana: INCA. – 4p.
41. Sánchez, C.; Rivera, R.; Caballero, D.; Cupull, R.; González, C.; Urquiaga, S. 2011. Abonos verdes e inoculación micorrízica de posturas de cafeto sobre suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados. Cultivos Tropicales. 32 (3): 11-17.
42. University of Colorado at Boulder, (2007) "CU-Boulder Archaeology Team Discovers First Ancient Manioc Fields In Americas", press release August 20, 2007, accessed August 29, 2007.