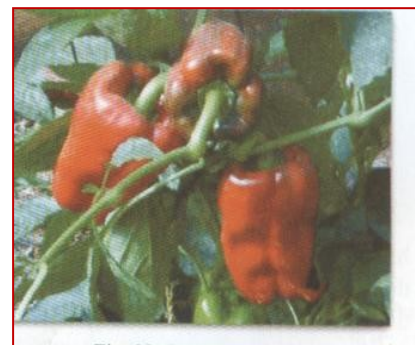


MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR  
UNIVERSIDAD DE GUANTÁNAMO  
FACULTAD AGROFORESTAL DE MONTAÑA  
CENTRO UNIVERSITARIO MUNICIPAL MANUEL TAMES



# *Trabajo de Diploma*

En opción al Título de Ingeniero Agropecuario

**Tema:** Diferentes dosis de micorrizas en el cultivo del pimiento (*Capsicum annum* L), bajo condiciones de organopónico

**Autor:** Elio Azahares Romero

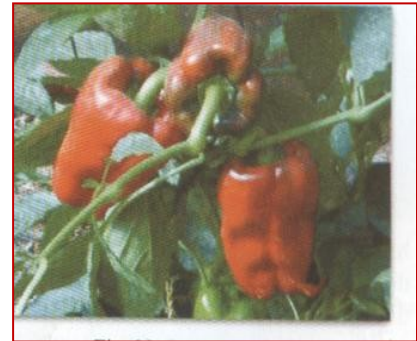
“Año del 55 de la Revolución”



MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR  
UNIVERSIDAD DE GUANTÁNAMO  
FACULTAD AGROFORESTAL DE MONTAÑA



CENTRO UNIVERSITARIO MUNICIPAL MANUEL TAMES



# Trabajo de Diploma

En opción al Título de Ingeniero Agropecuario

**Tema:** Diferentes dosis de micorrizas en el cultivo del pimiento (*Capsicum annuum* L), bajo condiciones de organopónico.

**Autor:** Elio Azahares Romero.

**Tutor:** Lic. Xiomara Castellanos Matos.  
Ing. Carlos Cabrera Rodríguez.

## “Año del 55 de la Revolución”

### **PENSAMIENTO**

...Creo que he dado a mi tierra desde que conocí la dulzura de su amor cuanto hombre puede dar, creo que he puesto muchas veces a sus pies fortuna y honores, creo que no me falta el valor necesario para morir en su defensa.

José Martí

## **AGRADECIMIENTO**

A nuestra Revolución Socialista que me ha permitido, gratuitamente, el estudio de esta carrera, a nuestro Comandante en jefe Fidel Castro Ruz por esta obra tan maravillosa que ha mantenido durante toda su vida, al claustro de profesores que permitieron, mediante su enseñanza profesional, su dedicación y paciencia, la feliz culminación de esta.

A mi tutora por haberme dejado abusar de su tiempo y regalarme lo más importante que posee un hombre sus conocimientos

A todos aquellos que de una forma u otra me han ayudado y estimulado durante toda mi etapa de formación de ingenieros sin ellos no hubiese llegado hasta el final.

A todos muchas gracias.

## **DEDICATORIA.**

Dedico este trabajo de diploma a todas las personas que hicieron posible la realización del trabajo.

- A nuestra Revolución por hacer que mis sueños se hicieran realidad.
- A mi madre, la cual forma parte de mi vida.
- A mis familiares por el apoyo incondicional.
- A los profesores por la dedicación y atención que estuvieron durante mis estudios en la Universidad.
- A mis compañeros de aula por vivir los momentos buenos y malos durante el transcurso de mis estudio en la Universidad.

“A todos muchas gracias”

## Resumen

El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de la aplicación del Hongo Micorrízico Arbuscular (HMA) en el cultivo del *Capsicum annuum* L. en el organopónico de la UBPC Mártires de Barbados perteneciente al consejo popular Paraguay provincia Guantánamo, en el periodo comprendido desde noviembre del 2012 hasta mayo del 2013, en sustrato compuesto por suelo Fluvisol típico. Los tratamientos empleados fueron, T<sub>I</sub> testigo sin aplicación de micorriza T<sub>II</sub> sustrato más micorriza 4 gramos por nido T<sub>III</sub> sustrato más micorriza 6 gramos por nido y T<sub>IV</sub> sustrato más micorriza 10 gramos por nidos. Se utilizaron 96 plantas para cada tratamiento y 24 plantas fueron evaluadas en cada uno de ellos, a los 30, 60, 90 días después de la plantación de las posturas de pimiento.

El diseño experimental empleado fue bloques al azar, Las variables evaluadas fueron: altura de la planta (m), diámetro del tallo (cm), número de ramas (unid), número de fruto por planta (unid) y rendimiento (Kg. m<sup>2</sup>). Los tratamientos en los cuales se aplicó micorriza influyeron de manera positiva en el crecimiento y rendimiento del cultivo del pimiento. El tratamiento que mostró los mejores resultados para la variable de rendimiento y comportamiento económico fue el T<sub>III</sub> sustrato más micorriza 6 gramos por nido y T<sub>IV</sub> sustrato más micorriza 10 gramos por nidos con un rendimiento de 5.91 kg/m<sup>2</sup>.

## ABSTRACT

The objective of the study was to evaluate the effect of the application of the *Arbuscular Mycorrhizal Fungus* (HMA) in the cultivation of the *Capsicum annuum* L in the organopónico of the UBPC Martyrs of Barbados belonging to the popular advice Paraguay county Guantánamo, in the period understood from September of the 2012 until December of the 2012, in a floor typical Fluvisol. The used treatments were, you witness without mycorrhizal application TII substratum more mycorrhizal 4 grams for nest TIII substratum more mycorrhizal 6 grams for nest and TIV substratum more mycorrhizal 10 grams for nests. 96 plants were used for each treatment and 24 plants were evaluated in each some of them, at the 30, 60, 90 and 150 days before the seedling of the pepper postures.

The design experimental employee was blocks at random, The evaluated variables were: height of the plant (m), diameter of the shaft (cm), number of branches (you unite), fruit number for plant (you unite) and yield (Kg. m<sup>2</sup>). The treatments in which mycorrhizal was applied influenced in a positive way in the growth and yield of the cultivation of the pepper. The treatment that showed the best results for the yield variable and economic behavior was the TIII substratum more mycorrhizal 6 grams for nest and TIV substratum more mycorrhizal 10 grams for nests with a yield of 5.91 kg/m<sup>2</sup>.

## ÍNDICE

CONTENIDO	Pág.
I. INTRODUCCIÓN -----	1
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA -----	5
2.1. Importancia del cultivo del pimiento <i>Capsicum annuum</i> L.-----	5
2.2. Taxonomía -----	6
2.3. Importância mundial, nacional y regional del cultivo del pimiento <i>Capsicum annuum</i> L.-----	7
2.4. Características generales del chay -----	8
2.4.1. Variedades comerciales -----	8
2.5. Morfología del cultivo del pimiento <i>Capsicum annuum</i> L -----	9
2.6. Exigencias climáticas del cultivo del pimiento <i>Capsicum annuum</i> L -----	10
2.7. Balance nutricional de la planta -----	13
2.8. Origen y evolución de la micorriza -----	13
2.8.1. Hongos micorrizógenos arbusculares (HMA) -----	15
2.8.2. Características y beneficios-----	16
2.8.3. Papel de los HMA en la nutrición vegetal -----	18
2.8.4. Factores que influyen en la eficiencia de los HMA -----	19
III. MATERIALES Y MÉTODOS -----	26
3.1. Ubicación del área de trabajo -----	26
3.2. Características edáficas del área -----	26
3.2.1. Propiedades químicas -----	27
3.3. Características climáticas -----	27
3.4. Tratamientos -----	28
3.5. Aplicación del producto biológico -----	29

3.6. Preparación del área para la investigación -----	30
3.7. Forma de aplicación y manejo de los productos -----	30
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN -----	32
4.1. Evaluación de la variable de crecimiento altura de la planta del pimiento ( <i>Capsicum annuum L</i> ), variedad chay -----	32
4.2. Evaluación de la variable de crecimiento diámetro del tallo del pimiento ( <i>Capsicum annuum L</i> ) -----	34
4.3. Evaluación de la variable de rendimiento números de frutos del cultivo del pimiento ( <i>Capsicum annuum L</i> ) -----	36
4.4. Evaluación de las variables rendimiento del cultivo del pimiento ( <i>Capsicum annuum L</i> ), variedad Chay -----	38
4.5. Valoración económica -----	40
4.6. Aporte a la defensa de la patria -----	42
V. CONCLUSIONES -----	43
VI. RECOMENDACIONES -----	44
VII. BIBLIOGRAFÍA	

## I. INTRODUCCION

Los niveles demográficos actuales aumentan considerablemente en el mundo. Este incremento trae aparejado tendencias mayores de producción de alimentos en aras de satisfacer las crecientes necesidades nutricionales de la población. En Cuba, este objetivo lleva implícito, como estrategia, el desarrollo de organopónicos, huertos intensivos y sistemas de cultivos protegidos, entre otras formas de agricultura urbana y peri-urbana (Casanova, 2003, Izquierdo y Rodríguez, 2005).

La agricultura urbana y peri urbana debe conceptualizarse como parte integral y coexistente del complejo mecanismo de suministro y distribución de alimentos en los núcleos urbanos, requiriéndose de mecanismos de adopción y puesta en marcha de procesos productivos hortícolas intensivos orientados al autoconsumo y/o mercado (Izquierdo y Rodríguez, 2005).

En los últimos años se ha avanzado significativamente en el conocimiento del manejo de la simbiosis con hongos micorrízicos arbusculares como elemento constitutivo de la producción agrícola, dejando claro que esta “prácticamente universal”, la palabra simbiosis no queda restringida a condiciones de marginalidad, sino que puede utilizarse en beneficio tanto económico como ambientales en sistemas productivos tanto de bajos insumos como de altos insumos (Rivera y Fernández, 2003).

En Cuba, los rendimientos del cultivo del pimiento (*C. annuum*) Han decrecido en los últimos años por diversos factores, entre los cuales se encuentran la baja disponibilidad de fertilizantes minerales y las limitaciones en el suministro del agua, principalmente en el contexto urbano, donde es insuficiente el agua de buena calidad para el riego (Montero *et al.*, 2010).

Hoy en día, el clima ha cambiado mucho, por lo que los agricultores y técnicos se han visto en la necesidad de buscar y aplicar nuevas alternativas, en aras de solucionar los problemas acaecidos por la sequía y la falta de fertilizantes, ya que la

tierra ha perdido muchas de sus propiedades, las cuales hay que incorporáse las, usando materiales y sustancia que favorezcan el suelo, como la cachaza, los biofertilizantes, el estiércol de ovino, bovino, la gallinaza y bioestimulantes, que son ricos en Fósforo, Oxígeno, Potasio, Calcio, Magnesio, Cobalto, Molibdeno, Cobre y hierro. Principalmente estos cuatro últimos, que son fijadores del nitrógeno al suelo (Campanioni, 2001).

Rodríguez *et al.* (2007) Plantean que no es posible alcanzar sostenibilidad en la agricultura, si no se tiene como base fundamental la fertilidad del suelo que se debe además propiciar no solo mayores rendimientos sino también, disminución de las labores agro-técnicas, menor necesidad de riego por mayor retención de agua, reducción de aplicación de productos fitosanitarios y aplicación de bioactivos que también limiten eficientemente el desarrollo de las enfermedades.

Actualmente a nivel internacional se comercializan diferentes productos biológicos con propiedades bioestimulantes del crecimiento vegetal, así como otros con características de biofertilizantes. Unos de los microorganismos comúnmente utilizados como biofertilizantes son los hongos micorrízicos arbusculares HMA. Sin embargo, su empleo como práctica tecnológica en condiciones de campo es aún limitada (Fernández, 2003)

Según Barroso (2004) el desarrollo de la agricultura en condiciones de bajos insumos, presupone el estudio de diferentes alternativas de producción, en los que el manejo de la nutrición resultan aspectos de gran interés por varias razones: el empleo de algunos biofertilizantes, como las Micorrizas, contribuyen a mejorar el estado hídrico y nutritivo de las plantas al propiciarles a éstas un mayor desarrollo radical que le permite explorar un mayor volumen de suelo.

La aplicación de estos bioproductos no solamente es una necesidad de la producción agrícola cubana, sino también de la agricultura científica del futuro, siendo de vital importancia para las viandas que contienen minerales y vitaminas, ya que son cultivos de alta demanda popular debido a sus múltiples usos (Altierí, 1996).

El pimiento constituye en Cuba una de las principales hortalizas tanto el área que ocupa nacionalmente como por su producción. Del área total de hortalizas, el pimiento constituye un renglón principal en la exportación. Esta hortaliza es cultivada en todas las Provincias del País, siendo las principales productoras: La Habana, Pinar del Río y Villa Clara (Huerres, 1997).

El pimiento es una de las hortalizas más producidas en todo el país, además es de gran importancia por su rico contenido en vitaminas que posee lo cuales son indispensables para el desarrollo y correcto funcionamiento de los diferentes órganos humanos (Huerres, 2001)

En la etapa actual las reservas de fertilizantes minerales han disminuido considerablemente, sin embargo es necesario aumentar o mantener las áreas y los rendimientos. Por tal motivo es importante ir hacia la búsqueda de alternativas u opciones que permitan compensar en gran medida las necesidades nutrimentales del cultivo para obtener rendimientos económicamente aceptables sin agotar las reservas del suelo.

**PROBLEMA:** ¿Cuál será la dosis de micorrizas más adecuada para el cultivo del pimiento bajo condiciones de organopónicos en la UBPC Mártires de Barbado?

**OBJETO:** El cultivo del pimiento (*C. annuum* L).

**HIPOTESIS:** La evaluación de diferentes dosis de micorrizas permitirá seleccionar la más adecuada para el cultivo del pimiento bajo las condiciones evaluadas.

**OBJETIVO GENERAL:** evaluar diferentes dosis de micorrizas en el cultivo del pimiento (*Capsicum annuum* L), bajo condiciones de organopónico.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Evaluar la influencia de las micorrizas en el crecimiento y rendimiento del cultivo pimiento (*C. annuum* L) variedad Chay.
- Seleccionar la dosis más adecuada desde el punto de vista económico para el cultivo del pimiento (*C. annuum* L)

## II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Importancia del cultivo del pimiento *Capsicum annuum* L.

El pimiento (*C. annuum*) es originario de Perú y Bolivia, desde donde se expandió al resto de América. En Cuba se supone que fue introducido por la zona central de la isla después se cultivo para la demanda del campesino y poco a poco se fue incrementando la producción para abastecer las necesidades de consumo de la población. Con el triunfo de la Revolución y la creación de planes hortícola, se ha producido el incremento de este cultivo, y como es lógico, la experimentación e investigación sobre el mismo, se practica en un mayor número de instituciones y con un carácter más científico según (Maroto, 1992).

El pimiento (*C. annuum*) es originario de Perú y Bolivia, desde donde se expandió al resto de América. En Cuba se supone que fue introducido por la zona central de la isla después se cultivo para la demanda del campesino y poco a poco se fue incrementando la producción para abastecer las necesidades de consumo de la población. Con el triunfo de la Revolución y la creación de planes hortícola, se ha producido el incremento de este cultivo, y como es lógico, la experimentación e investigación sobre el mismo, se practica en un mayor número de instituciones y con un carácter más científico según (Maroto, 1992).

El cultivo del pimiento constituye una de las hortalizas más dispersas en el mundo, su cultivo se puede realizar en todos los países, donde existen las condiciones climáticas favorables. Su uso por el hombre es casi total en el mundo, ya que si algún país o zona no lo produce, lo recibe de otros, ya sea fresco o en conservas. A los pimientos se le ha dado distintos usos, de acuerdo con las costumbres de cada país. Se consume a veces fresco, en ensaladas y asados. También son utilizados, por ejemplo en Cuba, como sazonador de las comidas (Fernández, 1997).

La planta puede ser anual, bianual, o vivir varios años. Posee un tallo lleno de ramas y alcanza los 0,5–1,5 m. Sus flores son blancas y los frutos pueden variar de color dependiendo del grado de madurez en el que se encuentren; incluso algunas variedades suelen comerse cuando el fruto está aún inmaduro.

Mientras que la especie puede tolerar la mayoría de los climas, es especialmente productiva en zonas cálidas y climas secos (Rodríguez, 2007).

Se plantean que se trata de una planta de cultivo extendido por todo el mundo, es considerada una planta de huerta y generalmente se suele comercializar en diferentes colores: verde, rojo y amarillo. Dentro de esta especie se pueden encontrar numerosas variedades, generadas por diferencias en el clima, las condiciones del suelo. Es una variedad que se ha difundido bastante en nuestro país, debido a las características de adaptación que ha presentado. En nuestras condiciones pueden llegar a tener un ciclo de 10 a 12 meses en buen estado. La recolección comienza a los 70 días aproximadamente (Rodríguez, 2007).

También dejan claro que presentan una altura de 50 a 60 cm, cuando su ciclo se prolonga hasta un año, el ancho de la parte superior es de 45 cm aproximadamente. El sistema radicular se encuentra situado fundamentalmente, entre 0,25 m, las hojas son grandes de color verde intenso. Son muy resistentes a las enfermedades causadas por bacterias y hongos, los frutos tienen un largo de 12 a 16 cm aproximadamente, presentan forma irregular, de tres a cuatro lóbulos, tiene un espesor de 0,4 a 0,6 cm y un peso promedio de 75 gramos, son de color verde intenso brillante y al madurar se tornan rojos, actualmente se utiliza para la industria y como consumo fresco (Rodríguez, 2007).

## **Usos**

Se emplea frecuentemente en la cocina, asados, cocidos y preparados al horno. En el este y el sur de Asia se consumen frecuentemente y forman parte principal de su cultivo. En algunos lugares se emplea como medicina (IIHLD, 2000).

## **2.2. Taxonomía**

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Asteridae

Orden: Solanales

Familia: Solanaceae

Género: *Capsicum*

Especie: *C. annuum*

Sinónimo: *Capsicum conoide* Mill. *Capsicum curvipes* Dunal, *Capsicum fasciculatum* Sturtev. *Capsicum frutescens* L. *Capsicum frutescens* var. *fasciculatum* L.H.Bailey *Capsicum frutescens* var. *grossum* L.H. Bailey, *Capsicum frutescens* var. *longum* L.H. Bailey, *Capsicum grossum* L. *Capsicum longum* A.DC. *Capsicum petenense* Standl.

Nombre binomial: *Capsicum annuum*

### **2.3. Importancia mundial, nacional y regional del cultivo del pimiento (*Capsicum annuum* L.)**

Fernández (1997) plantea que el pimiento (*C. annuum*) es el quinto cultivo en importancia a nivel mundial (excluyendo la papa), con 1.100.000 ha. En Argentina se cultivan unas 9.000 ha, siendo el principal productor de América del Sur. Corrientes, Buenos Aires, Salta y Mendoza participan con casi el 80% de la oferta al Mercado Central de Bs. As.

Desde el punto de vista agronómico, las variedades de pimiento pueden dividirse en dos grupos, no estrictamente coincidentes con la clasificación sistemática

- Variedades dulces: frutos de buen tamaño, son las que se cultivan en invernaderos y al aire libre para su consumo en fresco y la industria de conserva y pimentón.
- Variedades con sabor picante: frutos largos y delgados. Se utilizan para encurtidos.).
- Variedades para la obtención de pimentón: son un subgrupo de las variedades dulces. Según (Sánchez, 1997).

## **2.4. Características generales del Chay**

Para investigación se utilizó el Chay Línea-3, porque es un producto de alta demanda en la comunidad y producirlo bajo las condiciones del proyecto elevará el rendimiento y la calidad, su costo será menor y se puede producir durante todo el año. Es resistente a plagas y enfermedades y su consumo es más saludable, a partir de no utilizar ningún elemento químico.

Según Pérez Cristian (1997) esta variedad fue obtenida en el INIFAT. La planta puede alcanzar una altura superior a los 0.70m. El fruto es alargado de 3 a 9,3cm de longitud, de planta fina y un peso de 10 a 24g/fruto. Su color es verde y cambia a rojo brillante en la madurez.

Es apropiado para cocina. Su rendimiento es de 2 a 3 kg/m<sup>2</sup>, en dependencia del tiempo que se mantenga en el campo. El período de siembra es todo el año y su ciclo de 150 a 280 días.

Este autor lo considera de buen compartimiento ante las plagas y enfermedades. La siembra puede ser directa o por trasplante y el marco de plantación es de 40cm entre hileras y 25 entre plantas. La cosecha se inicia a los 75 a 80 días después del trasplante. Las raíces se presentan en forma muy ramificada y vellosa. La mayor cantidad de raíces se encuentran situadas entre los 5 y 40cm de profundidad.

### **2.4.1. Variedades comerciales.**

Las variedades comerciales más usadas en la actualidad de la especie *C. annuum*, señaladas por Pérez Cristian (1997) son las siguientes:

- a) California Gonder
- b) Tropical
- c) Pimiento Español.
- d) Medalla de Oro.
- e) Verano 1.
- f) Híbrido FAR-3
- g) Ají Cachucha
- h) Ají Chay.

i) Chay Línea-3.

El ají Chay, es uno de los pimientos que más se utiliza durante todo el año por ser tolerante a plagas y enfermedades. Tiene una gran demanda en el consumo de la población por el múltiple uso que se le da en la alimentación (José Luna, 2005).

## **2.5. Morfología del cultivo del pimiento (*Capsicum annuum* L)**

**Planta:** herbácea perenne con ciclo de cultivo anual de porte variable entre los 0,5 metros (en determinadas variedades de cultivo al aire libre) y más de 2 metros (gran parte de los híbridos cultivados en invernadero).

**Las raíces:** se presentan en forma muy ramificada y vellosa, donde la mayor cantidad de raíces se encuentran situadas entre los 5 y los 40 cm de profundidad.

**El tallo:** presenta forma cilíndrica. En la primera etapa de la planta es herbáceo ya adulto su parte inferior se hace leñoso. Este puede crecer desde una altura de 30 cm hasta 1,20 m y más en dependencia de la variedad. (Ayala, 1998); (Morales, 2006).

**Hoja:** entera, lampiña y lanceolada, con un ápice muy pronunciado (acuminado) y un pecíolo largo y poco aparente. El haz es glabro (liso y suave al tacto) y de color verde más o menos intenso (dependiendo de la variedad) y brillante.

El nervio principal parte de la base de la hoja, como una prolongación del pecíolo, del mismo modo que las nerviaciones secundarias que son pronunciadas y llegan casi al borde de la hoja. La inserción de las hojas en el tallo tiene lugar de forma alterna y su tamaño es variable en función de la variedad, existiendo cierta correlación entre el tamaño de la hoja adulta y el peso medio del fruto. (Casanova *et al.*, 2007); (Santillana, 2006). (Domínguez y García, 1997).

**Los esbozos florales:** se forman en la zona de ramificación. Se puede formar de 1 hasta 5 flores según la variedad, las de frutos gruesos dan solo flores solitarias, mientras que hay variedades que forman 2, 3 ó 4 flores.

**El fruto:** es una baya variable en forma y tamaño (1 ó 2 g en algunas variedades hasta más de 500 g en otras), de color verde inicialmente y después rojo o amarillo, según los híbridos.

**Siembra:** en el pimiento (*C. annuum*) se debe utilizar dos métodos de siembra, siembra directa y por trasplante, que es la más utilizada en la casa de cultivo tapado.

Con este tipo de siembra lograremos un área uniforme (sin plantas faltantes) y un cultivo que nos dará un alto rendimiento, teniendo en cuenta el cuidado de las posturas al realizar el arranque. Estas posturas deben sembrarse a una profundidad no mayor de 5 cm de la forma manual, en la época de octubre y noviembre y en las siembras tardías se extiende hasta finales de diciembre con una distancia de siembra de 0,80- 0,90 cm donde los canteros pueden ser de 2-3 hileras y de 25-50 cm entre plantas (Moroto, 1992).

## **2.6. Exigencias Climáticas del cultivo del pimiento (*Capsicum annuum* L.)**

Según el (Instructivo técnico de la agricultura, 2007) plantea que el manejo racional de los factores climáticos de forma conjunta es fundamental para el funcionamiento adecuado del cultivo, ya que todos se encuentran estrechamente relacionados y la actuación sobre uno de estos incide sobre el resto.

**Temperatura:** Es una planta exigente en temperatura sin embargo, las bajas temperaturas inducen a la formación de frutos de menor tamaño, que pueden presentar deformaciones, reducen la viabilidad del polen y favorecen la formación de frutos partenocárpicos. Además afecta negativamente la germinación, fructificación y el desarrollo. Las altas temperaturas son desfavorables al cultivo. Se puede notar que la mayoría de las flores no fecundan, también se ve afectado el desarrollo y el crecimiento normal del fruto.

El manejo racional de los factores climáticos de forma conjunta es fundamental para el funcionamiento adecuado del cultivo, ya que todos se encuentran estrechamente relacionados y la actuación sobre uno de estos incide sobre el resto. (Sánchez, 1992).

**Tabla 1.** Temperaturas críticas para el pimiento (*C. annuum*) en las distintas fases de desarrollo.

Fases del cultivo	Óptima	Mínima	Máxima
Germinación	20-25	13	40
Crecimiento vegetativo	20-25 (día) 16-18 (noche)	15	32
Floración y fructificación	26-28 (día) 18-20 (noche)	18	35

**Humedad:** es un factor decisivo para el correcto desarrollo del pimiento (*C. annuum*), ya que requiere mayor cantidad de agua en el suelo para así aportar mayores rendimientos con un rango de humedad de 80 a 85 % de humedad.

Cuando la humedad es insuficiente, los rendimientos y la calidad de los frutos descienden, pues las plantas no crecen lo suficiente, y cuando esta se encuentran en floración, se produce con frecuencia la caída de las flores y frutos jóvenes prematuramente, además las plantas sufren un envejecimiento marcado.

Valores de humedad excesiva, produce aumento del contenido de agua en los órganos de la planta, la cantidad de sustancias secas disminuye, al igual que los azúcares, los ácidos y las sustancias volátiles, también se retrasa la maduración.

**Luminosidad:** es una planta muy exigente en luminosidad, sobre todo en los primeros estados de desarrollo y durante la floración.

### **Exigencias en suelos**

Los suelos más adecuados para el cultivo del pimiento (*C. annuum*) son los franco-arenosos, profundos, ricos, con un contenido en materia orgánica del 3-4% y principalmente bien drenados. Los valores de pH óptimos oscilan entre 6,5 y 7 aunque puede resistir ciertas condiciones de acidez (hasta un pH de 5,5). (Ortiz, 1987).

Es una especie de moderada tolerancia a la salinidad tanto del suelo como del agua de riego, aunque en menor medida que el tomate.

## **Fertirrigación**

En los cultivos protegidos el pimiento (*Capsicum annuum L.*) el aporte de agua y gran parte de los nutrientes se realiza de forma generalizada mediante riego por goteo y va ser función del estado fonológico de la planta así como del ambiente en que ésta se desarrolla (tipo de suelo, condiciones climáticas, calidad del agua de riego, etc.).

En cultivo en suelo y en enarenado el establecimiento del momento y volumen de riego vendrá dado básicamente por los siguientes parámetros:

Tensión del agua en el suelo (tensión métrica), que se determinará mediante la instalación de una batería de tensiómetros a distintas profundidades.

Alrededor del 75% del sistema radicular del pimiento se encuentra en los primeros 30-40 cm del suelo, por lo que será conveniente colocar un primer tensiómetro a una profundidad de unos 15-20 cm, que deberá mantener lecturas entre 11 y 14 cb, un segundo tensiómetro a unos 30-50 cm, que permitirá controlar el movimiento del agua en el entorno del sistema radicular y un tercer tensiómetro ligeramente más profundo para obtener información sobre las pérdidas de agua por drenaje; valores inferiores a 20-25 cb en este último tensiómetro indicarán importantes pérdidas de agua por lixiviación.

- Tipo de suelo (capacidad de campo, porcentaje de saturación).
- Evapotranspiración del cultivo.
- Eficacia de riego (uniformidad de caudal de los goteros).
- Calidad del agua de riego (a peor calidad, mayores son los volúmenes de agua), ya que es necesario desplazar el frente de sales.

### **2.7. Balance nutricional de la planta**

Según el (instructivo técnico de la agricultura, 2007) el nitrógeno es uno de los elementos constituyentes de las proteínas. Favorece el crecimiento rápido de los tejidos y órganos de las planta, principalmente para la formación de hojas y tallo; el pimiento requiere mayores cantidades de este elemento en el momento de la

floración. Si existen deficiencias de este elemento, las hojas superiores son pequeñas y toman un color verde amarillo, y las inferiores caen con mucha facilidad, se nota el raquitismo en las plantas.

Cuando el nitrógeno es excesivo, puede resultar perjudicial, pues se manifiesta un crecimiento desproporcionado de los órganos vegetativos de la planta que no se corresponde con el desarrollo de las raíces.

**El fósforo:** favorece la formación de las raíces, además las plantas con buena nutrición de fósforo reducen su ciclo vegetativo y son más resistentes a las plagas y enfermedades.

Si existe deficiencia de este elemento, en la sección superior de las hojas se destaca una pigmentación de antocianina y estas partes van adquiriendo un color lila que llega a ser rojizo.

**El potasio:** tiene mucha importancia para la formación del transporte de los hidratos de carbonos de unos órganos de las plantas hacia otros. La insuficiencia se refleja en las hojas pequeñas, sus bordes se ponen amarillos y luego se queman; influye en la formación de los frutos.

## **2.8. Origen y evolución de la micorriza**

El estudio de las Micorrizas se inició a finales del siglo pasado, aunque no se le prestó interés, ello se debió fundamentalmente, según Hayman (1980), citado por Fernández Leyva (1998) a dos tipos de razones; en primer lugar a que el hongo responsable no crece en los medios de cultivos normalmente utilizados en recuento de microorganismo del suelo, por lo que su presencia varía siendo ignorada; de otro lado, el HMA es una asociación tan bien equilibrada que no induce cambios morfológicos en la raíz infectada, por lo que no se denota su existencia cuando la mayoría de las raíces están normalmente micorrizadas en condiciones naturales.

Las Micorrizas constituyen una de las simbiosis de más amplia distribución, en la cual se produce una relación muy estrecha entre el hongo y la raíz de la planta hospedera. Esta relación planta-hongo, a pesar de ser una simbiosis de gran beneficio para los participantes, en sus estadios iniciales se produce un desarrollo parasítico transitorio, a favor de ocurrir la penetración y el establecimiento del hongo

en la raíz; durante el cual se activan mecanismos de defensa diversos en la planta huésped (Pérez *et al.*, 2002).

Según Fernández Leyva *et al.* (1998) el problema más importante que existe actualmente es la obtención de cantidades suficientes de inoculante, ya que al no crecer el hongo en cultivos puros se hace necesario reproducirlo sobre planta. Este proceso además de lento, tiene el peligro latente de introducir patógenos conjuntamente con el hongo simbiote.

Medina y Pino (1992) evalúa diferentes especies de bacterias y hongos MVA en el cultivo del tomate, demostraron que resultó factible la sustitución nitrogenada del cultivo en más de un 80%, obteniendo altos niveles en rendimientos y un buen estado nutricional de las plantas; efecto que se hace más marcado cuando se combinan los biofertilizantes.

En las secuencias de cultivos inoculados con especies eficientes de Micorrizas se puede alcanzar una micorrización efectiva hasta en el segundo cultivo y posiblemente depende de la intensidad de su crecimiento, su manejo, su dependencia Micorrizicas y tipo de suelo (Rivera, 2003)

Alrededor del 90% de la planta cultivada están micorrizadas naturalmente al desarrollar los hongos el micelio externo, este actúa como una extensión radicular, aumenta la superficie de contacto con el perfil del suelo, ayudando a la absorción de agua y nutrientes e incrementa el crecimiento de las plantas. Bioquímicamente aumentan la afinidad de la planta hacia los nutrientes y así se mejora la absorción, incluso a baja concentración de nutrientes. Pero no todas las especies de Micorrizas vesículo - arbusculares producen los mismos efectos en las plantas, lo que hace necesaria una selección para conseguir los máximos beneficios (Popoff, 2007).

Normalmente las plantas micorrizadas crecen más rápido y más saludables que las no micorrizadas, debido a que los hongos MA incrementan la absorción de elementos esenciales para el crecimiento (Menge, 1982).

### **2.8.1. Hongos micorrizógenos arbusculares (HMA)**

Las Micorrizas son asociaciones simbióticas mutualistas entre ciertos hongos del suelo y raíces de las plantas superiores. En general las plantas suministran al hongo

fuentes de carbono, producto de la fotosíntesis así como un nicho ecológico protegido. Por su parte el hongo ayuda a la planta a absorber agua, nutrientes y ser más resistente a la sequía y al exceso de acidez. (Gerdemann, 1968) ;( Harley, 1972) ;( Menge, 1982); (Zico, ,1989), citados por Fernández Leyva (1998).

Las Micorrizas se presentan como una buena opción, sobre todo si se tiene en cuenta que los países del tercer mundo se ven obligados a importar grandes cantidades de fertilizantes (Herrera, 1986).

Según Popoff (2007) Micorriza es el nombre que hacen referencia a la simbiosis hongo – raíz (“myces – rhiza), estas simbiosis es un fenómeno general en los vegetales. (Las Micorrizas fueron descubiertas por el botánico alemán Frank en 1985.

Tinker (1975) señala que las micorrizas son pequeñas raíces o pelos radicales, de muchas especies de planta, que en su mayoría son de árboles micorrízicos que se han infectado con hongos.

Pedersen y Sylvia (1996).plantearon que las plantas micorrizadas mejoran sus relaciones hídricas asociadas con el mejoramiento del estatus del fósforo, la tolerancia a la sequía en este tipo de planta se aumenta por el incremento del potencial hídrico en el tallo y la conductividad hidráulica en la raíz, además informaron diferencias en la concentración de prolina en plantas micorrizadas sometidas a estrés hídrico y sugieren que los cambios en el potencial osmótico pueden contribuir a mejorar la tolerancia a la sequía sobre las plantas no micorrizadas.

Los hongos MA incrementan el rendimiento de los cultivos y permiten reducir el consumo de fertilizantes minerales, dado fundamentalmente por su capacidad de absorber con mayor eficiencia agua y nutrientes del suelo. (George *et al.*, 1994).

Severding, (1991). Plantea que el suelo es la base para el manejo eficiente de las asociaciones Micorrizicas en la agricultura a partir de la selección e inoculación de cepas eficientes o adecuadas, para un rango de tipo de suelo con mayor o menor similitud, dependiendo el género y especie.

Las plantas micorrizadas toleran más el déficit hídrico y cuando están estresadas (marchitadas) recuperan la turgencia más rápidamente si el nivel óptimo de agua del suelo se restablece. (Siqueira y Franco., 1988).

Para favorecer la colonización Micorrizicas de las raíces en la planta trasplantada se debe tener en cuenta.

1. Mantener el riego adecuado durante el periodo de establecimiento de la planta.
2. Fertilizar adecuadamente.
3. Evitar la compactación del suelo.
4. Seleccionar adecuadamente los fungicidas.

### **2.8.2. Características y beneficios**

Entre la funciones y beneficios que las micorrizas le brindan a las plantas están el incremento de la capacidad de absorción de agua y nutrientes, por lo que ayudan al hospedante a resistir mejor las condiciones adversas de suelo y clima, favorecen el aumento de la biomasa y producción de los cultivos y contribuyen a la formación de agregados estables en el suelo (Sieverding, 1991; Espíndola *et al.*, 1998; Montaña *et al.*, 2001; Filho, 2004).

Se han definido tres tipos de asociaciones micorrízicas, al tomar en consideración sus características morfoanatómicas y ultraestructurales: Ectomicorrizas, Ectendomicorrizas y Endomicorrizas. Las endomicorrizas no son detectadas visiblemente, forman una red externa de hifas y penetran el interior de las células corticales sin llegar a colonizar el endodermo. Es el grupo más difundido en el planeta y se divide en varios subtipos, de los cuales el más representativo es el arbuscular, que es el más importante en los ecosistemas tropicales.

Dentro de los HMA, el género *Glomus* se incluye en la familia Glomaceae que pertenece al suborden Glominae y al orden Glomales perteneciente al Phylum Glomeromycota (Fernández, 2003a; Peña *et al.*, 2006).

La extensa red de hifas extrarradicales juega un importante papel en la conservación del suelo, al mejorar la agregación del mismo. La producción de componentes orgánicos por las hifas de HMA y otros microorganismos en la micorrizosfera puede ayudar a unir los micros agregados en macro agregados (Kabir y Koide 2000).

La propagación de los HMA se da a través de esporas, micelio y fragmentos de raíces colonizadas, que de manera conjunta constituyen los propágulos y colonizan las raíces de las plantas hospedantes para desarrollarse y dar origen a nuevos propágulos (de Souza *et al.*, 1999). La mayor cantidad de propágulos en el suelo se encuentra en los primeros 15 – 20 cm de profundidad, en relación directa con la aireación y contenido de materia orgánica (Peña *et al.*, 2006).

La simbiosis micorrízica en cultivos de ciclo corto se desarrolla de manera secuencial, al pasar por diferentes fases de crecimiento, tanto microbianas: latencia, exponencial, estabilización o meseta y muerte o esporulación total, como vegetal, de acuerdo a las fases fenológicas de la planta hospedante. En el inicio de la fructificación las plantas, siempre se encuentran mayores valores de porcentaje de colonización y micelio y menores de esporas que al finalizar la cosecha, lo que evidencia una relación estrecha con el suministro de carbono hacia las raíces (Fernández, 2003a).

### **2.8.3. Papel de los HMA en la nutrición vegetal**

La inoculación de las plantas con especies efectivas de HMA provoca un marcado incremento en los procesos de absorción y traslocación de nutrientes, ya sea por interceptación, flujo de masa o difusión (Netto, 2008).

Este beneficio es complejo y puede ser resultado de varios mecanismos como: aumento de la superficie de exploración del suelo, elevación de la capacidad absorbente de las raíces, toma de nutrientes no accesibles a las raíces no micorrizadas, beneficio de otros microorganismos en la rizosfera, amortización de los efectos adversos del pH del suelo, Al, Mn, metales pesados, salinidad, estrés hídrico y ataque de patógenos Siqueira y Franco 1988; Bonilla 1999; Entry *et al.*, 2002; Bucher, 2007).

El principal mecanismo de absorción de N es por flujo de masa, que es el transporte de la solución del suelo a lo largo del gradiente de potencial de agua, regulado por la transpiración (Matos *et al.*, 1999).

El aumento en la absorción de N en forma de  $\text{NH}_4^+$  y  $\text{NO}_3^-$ , se facilita por los HMA en simbiosis efectiva con el hospedante y provoca la toma de los nutrientes, necesarios por la estimulación del crecimiento vegetal. En condiciones de bajos niveles, los HMA propician la absorción de los nutrimentos menos disponibles (Azcón *et al.*, 2003).

Los HMA juegan un papel vital en la toma del fósforo presente en los suelos, principalmente en las zonas tropicales donde las cantidades asimilables de este elemento son bajas. El mecanismo para incrementar la absorción vía HMA se desarrolla a partir de la capacidad de explorar un mayor volumen de sustrato y aumentar la capacidad absorptiva de las raíces (interceptación) y por difusión, que es el transporte de nutrientes a lo largo de un gradiente de concentración (Matos *et al.*, 1999).

Además, las micorrizas pueden acelerar la absorción de fósforo no disponible por las plantas por la interacción entre los exudados radicales de algunas especies de plantas que son capaces de solubilizar fósforo Shibata y Yano (2003).

El K y Mg son encontrados en altas concentraciones, tanto en las plantas micorrizadas como en las que no lo están. Estos elementos se mueven en la solución del suelo con mayor facilidad que el P. En algunos casos la elevada absorción de estos nutrientes coincide con un efecto indirecto para eliminar deficiencias de P (Fernández 2003a), aunque algunos trabajos experimentales sugirieron que la toma del K en suelos deficientes del elemento se realiza a través de las hifas de micorrizas (Ruiz, 2001).

#### **2.8.4. Factores que influyen en la eficiencia de los HMA**

Numerosos factores bióticos y abióticos influyen sobre el establecimiento y funcionamiento de la simbiosis micorrízica.

Luz: en las zonas con alta radiación solar, los niveles de colonización son generalmente elevados, sin embargo, si se ve atenuada, la respuesta de las plantas a esta simbiosis disminuye. La alta colonización depende, entre otros factores, del incremento de la tasa fotosintética, lo que implica una mayor producción e intercambio de metabolitos (Escobar *et al.*, 1998).

Temperatura: los HMA se forman bajo rangos de temperatura que oscilan entre 18 y 40°C, con el óptimo para la mayoría de las especies, cercano a los 30°C. La influencia de la temperatura en las plantas micorrizadas con HMA es variable y está relacionada con la combinación exacta de especie de hongo – hospedante, así como la fase de desarrollo de las plantas (Entry *et al.*, 2002). pH: la respuesta de los HMA al pH ha sido estudiada debido a su efecto en la productividad de las plantas, el efecto directo en la fisiología del endófito y la planta hospedante y el efecto indirecto vía cambios en la CCB. Las diferentes especies de HMA toleran diversos rangos de pH (Alvarado *et al.*, 2004).

En los estudios de selección de especies de HMA con alta eficiencia simbiótica, hay que tener en cuenta el efecto del pH, ya sea sobre la productividad de la asociación o sobre los mecanismos de reproducción fúngicos (Fernández, 2003a). Algunas especies de HMA no se adaptan a condiciones de pH diferentes al suelo nativo de donde fueron aisladas, por eso se considera al pH esencial en el establecimiento de especies de HMA por tipo del suelo (Entry *et al.*, 2002).

Estacionalidad: Peña *et al.*, (2006) plantearon que en regiones geográficas donde sea posible contrastar al menos dos épocas climáticas como lluviosa y seca, la diversidad de especies nativas de HMA y su funcionalidad pueden variar. Factores externos como la estacionalidad y el manejo influyen en la propagación de los HMA y pueden afectar las simbiosis en condiciones de campo (Lugo y Cabello, 2002).

En varios trabajos realizados por diferentes autores se pudo comprobar la influencia del tipo de suelo sobre el funcionamiento micorrízico y la estacionalidad, pues en suelos con mal drenaje y alta retención de humedad, los mayores porcentajes de colonización se encuentran durante la estación seca (Adriano *et al.*, 2006), mientras que en suelos con buen drenaje, los mayores porcentajes de colonización se

encuentran en la estación lluviosa (Apple *et al.*, 2005; de Oliveira y de Oliveira 2005; Becerra *et al.*, 2007).

Cobertura del suelo: Como los HMA son simbiontes obligatorios, su distribución en suelos cultivados está fuertemente influenciada por la vegetación (Espíndola *et al.*, 1998).

En barbecho, la micorrización natural de las plantas está pobremente desarrollada y no se ha encontrado correlación entre la población de esporas y la duración del barbecho (Duponnois *et al.*, 2001), pero el número de esporas de HMA se incrementó significativamente con el aumento del número de especies (diversidad) de arvenses presentes en el barbecho (Chen *et al.*, 2004).

Mientras el suelo se mantenga al desnudo durante su preparación, la viabilidad de las hifas decrece bruscamente, por ausencia de plantas hospedantes o si, en el esquema de rotación de cultivos, se introducen plantas no micótrofas (Kabir y Koide, 2000).

Peña *et al.*, 2001. (2006) al realizar el análisis de frecuencia de aparición de esporas nativas de HMA por tipo de cobertura, encontraron que los sistemas agroforestales, seguidos por el bosque natural, presentaron los mayores promedios de colonización radical, por encima del 30%. Por el contrario, las coberturas de parcelas, monocultivo y potrero presentaron los valores de porcentaje de colonización radical más bajos.

En otros estudios, estos autores demostraron que la simbiosis micorrízica arbuscular nativa fue más efectiva en ecosistemas con coberturas altamente heterogéneas, de allí la importancia que tiene promover sistemas de producción agrícola agrobiodiversos (Peña *et al.*, 2007).

Dependencia micorrízica de las plantas (DM): está dada por el grado de relación existente entre la planta y el hongo para obtener la máxima productividad en un nivel de fertilidad de suelo dado y es una propiedad intrínseca de las plantas (Siqueira y Franco, 1988; Guzmán y Ferrera, 1990; Alí *et al.*, 2001; Fernández, 2003a; Janos, 2007).

El cálculo de la DM no se puede extrapolar a condiciones naturales donde se desarrolla la micorrización nativa (Fernández, 2003a). Los requerimientos de nutrientes y una baja capacidad de absorción, si no hay micorrizas, se correlacionan con una alta DM, la que no es igual a la alta respuesta a la micorrización (Sieverding, 1991).

Las plantas pueden ser agrupadas según el grado de la DM en: plantas micorrízicas

- obligadas: presentan un crecimiento muy reducido en ausencia de la simbiosis con HMA, las tasas de colonización son superiores al 60 %. Plantas micorrízicas
- facultativas: tienen un sistema radical más profuso y desarrollado, aunque bajo condiciones edáficas adversas responden a la micorrización. Las tasas de colonización son inferiores al 50 %. Plantas no micorrízicas: no forman la asociación (Janos, 2007). Efectividad micorrízica: es la capacidad de un endófito de influir positivamente sobre el crecimiento de la planta, aumentar el número de propágulos o mejorar la transferencia de nutrientes. Es resultado de la interacción fisiológica entre los simbioses (Janos, 2007).

Está determinada por el tipo de hongo micorrizógeno, la planta hospedante, la interfase simbiótica y el tipo específico de suelo o sustrato (Fernández, 2003a), su grado de fertilidad y disponibilidad de agua (Bolleta *et al.*, 2002). La principal forma de cuantificar la efectividad micorrízica es mediante la evaluación de la respuesta de la planta hospedante en su crecimiento (Janos, 2007).

Las cepas nativas en ocasiones no originan la mayor efectividad, lo cual puede estar relacionado con una baja concentración de propágulos nativos, o que presentan una mayor adaptabilidad y posible funcionalidad microbiana, pero esto no siempre significa una mayor eficiencia micorrízica (Fernández, 2003a; Rivera y Fernández, 2003).

Especificidad suelo – cepa: la respuesta positiva a la inoculación con HMA depende de tres factores: la especie inoculada, cantidad de propágulos micorrizicos presentes y el tipo de suelo y su fertilidad. Este último define cuáles son las especies eficientes

para una condición edafoclimática, aunque la efectividad alcanzada por la inoculación depende del manejo dado a la planta y al suelo (Rivera y Fernández, 2003).

Uno de los resultados más importantes encontrados por Sánchez (2001) y Ruiz (2001) fue que, con independencia de los cultivos estudiados, existió para cada suelo una cepa de HMA altamente eficiente, con cuya inoculación se obtuvieron las mayores respuestas.

Es decir se encontró una alta especificidad suelo – cepa eficiente y este efecto fue completamente reproducible en los diferentes años en que se repitieron los experimentos.

Lo anterior indudablemente es un elemento positivo y de alta repercusión para el manejo de las asociaciones micorrízicas en los cultivos, ya que facilita la selección de las cepas eficientes para una determinada condición.

También de Souza *et al.* (1999) y Cruz *et al.*, (2005) coincidieron al plantear que la mayoría de los HMA no presentan una alta especificidad con el hospedante, lo cual es una de las bases del manejo de la inoculación en secuencias de cultivos. Normalmente ocurre una selectividad entre las especies de una población de HMA y la planta, por influencia de las condiciones edáficas.

Las especies del género *Glomus* tienen un amplio rango de distribución funcional con predominio en ecosistemas de alta y media fertilidad, donde resultan extremadamente eficientes y competitivas. Los resultados obtenidos en Cuba permitieron extender dicho rango a las condiciones de baja fertilidad y establecer que la especie *Glomus hoi* – like es la de mejores resultados en suelos Ferralíticos Rojos, al estudiarse la efectividad de esta cepa en la inoculación de diferentes cultivos (Rivera y Fernández, 2003; González y Rodríguez, 2004; González *et al.*, 2008a 2008b).

Disponibilidad de nutrientes: depende del tipo de suelo y de los suministros de nutrientes necesarios para complementar los requerimientos de los cultivos. Con muy

alta disponibilidad de nutrientes se obtienen los menores efectos de la inoculación con cepas eficientes y se alcanza la mayor efectividad con disponibilidad media. Si esta es baja o nula, tampoco funciona adecuadamente la simbiosis y se obtienen plantas con menor crecimiento y baja efectividad de la inoculación (Sieverding, 1991; Ruiz, 2001; Rivera y Fernández, 2003; Mohammad *et al.*, 2004; Gamper *et al.*, 2005).

Se estima que la asociación entre el hospedante y los HMA consume entre 5 a 10% de los productos de la fotosíntesis, costo que será compensado si la planta se encuentra en condiciones óptimas de suministro de nutrientes (Siqueira y Franco, 1988).

Para que la simbiosis sea eficiente, la disponibilidad de nutrientes en el sistema debe ser inferior a la comúnmente utilizada para las plantas no micorrizadas. La obtención de plantas con óptimo crecimiento en presencia de cantidades menores de nutrientes se debe al incremento en eficiencia del proceso de absorción de estos por las plantas micorrizadas y por tanto al aumento del coeficiente de aprovechamiento de los nutrientes (Rivera y Fernández, 2003).

La alta disponibilidad de nutrientes hace decrecer la presencia de estructuras micorrízicas en el interior de las raíces, lo que indica que la disminución en la efectividad micorrízica es consecuencia de un mal funcionamiento o de la inhibición de la simbiosis. En suelos de baja fertilidad se hace necesaria una mayor cantidad de estructuras fúngicas para garantizar el funcionamiento adecuado de la simbiosis (Azcón *et al.*, 2003).

Efecto de la micorriza sobre la optimización del suministro de nutrientes.

La aplicación conjunta de la inoculación y dosis bajas de fertilizantes minerales aumentan la efectividad de la simbiosis, lo cual se expresa en el incremento de la colonización micorrízica y el rendimiento y se obtiene una dosis óptima de fertilizantes menor que la recomendada para obtener volúmenes de producción similares, en ausencia de inoculación (Montaño *et al.*, 2001; Rivera y Fernández, 2003).

La aplicación de dosis superiores a las óptimas para las plantas micorrizadas reduce la simbiosis micorrízica hasta casi inhibirla, sin embargo los rendimientos no disminuyen, lo que indica que las plantas garantizan sus requerimientos nutricionales pero no a través de la micorrización. Las dosis óptimas de fertilizantes para las plantas micorrizadas dependen de los cultivos en cuestión y de la fertilidad del suelo (Siqueira y Franco, 1988; Bittmam *et al.*, 2006).

La disminución de las dosis de nutrientes con el empleo de HMA oscila entre 25 a 50% de la dosis de fertilizante mineral recomendada para cada cultivo (Ruiz, 2001; Xoconostle y Ruiz, 2002), lo que se logra a expensas de incrementos en la absorción de los nutrientes provenientes del suelo y de los fertilizantes y conduce a incrementos en los coeficientes de aprovechamiento de estos, así como a una disminución de los índices críticos de los elementos en el suelo (Rivera y Fernández, 2003).

### III. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1. Ubicación del área de trabajo

El trabajo de investigación se realizó en el organopónico de la UBPC Mártires de Barbados que pertenecen al consejo popular Paraguay a partir del mes de noviembre del 2012 hasta mayo del 2013 en un suelo fluvisol típico.

Como resultado de la nueva División Político-Administrativa aplicada en el país, el municipio de Manuel Tames (figura 1) posee una población de 42 242 habitantes y una extensión territorial de 1 025,7 kilómetros cuadrados con una densidad poblacional de 41,2 habitantes por kilómetros, es el cuarto municipio en extensión territorial de la provincia más oriental del país y se divide en 10 consejos populares.

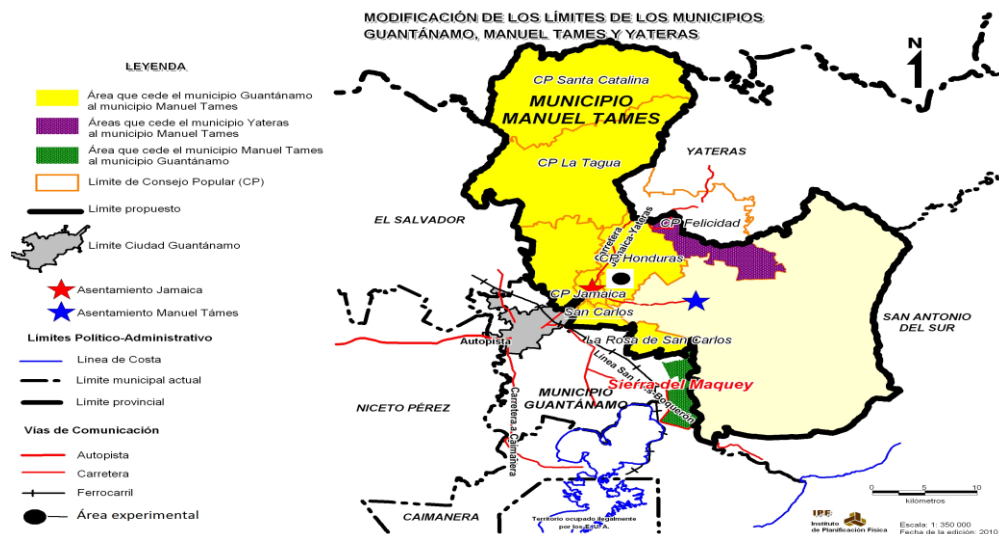


Fig. 1. Ubicación del área de trabajo (Municipio Manuel Tames).

#### 3.2. Características edáficas del área

El área experimental se estableció en un suelo Fluvisol (MINAG, 1999), que se corresponde con un Fluvisol Gleyic en el sistema internacional (FAO, 2006).

El material de origen es muy variable. No poseen un proceso de formación definido. La topografía es llana, algunas veces con suaves undulaciones. Es normal encontrar

algunas gleyzación suaves en cualquier profundidad. Las características morfológicas son muy variables, ocurriendo lo mismo con sus propiedades, Sin embargo, estos suelos tienen un factor común, tienen buenas propiedades físicas, aunque pueden estar localmente afectados por hidromorfía (Cuellar *et al.*, 2002 y López *et al.*, 2003).

### 3.2.1. Propiedades químicas

El análisis químico se realizó en el laboratorio provincial de suelos, con valores de pH en KCl que oscilan de ligeramente básico a ligeramente alcalino 6,8 a 7,5 y en H<sub>2</sub>O ligeramente alcalino con valor de 7,3 a 8,00. Es un suelo con bajos contenidos de materia orgánica y valores muy bajos de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Los valores de K<sub>2</sub>O van de medios a bajos (Tabla 2).

Tabla 2. Características del suelo.

Lugar del experimento	pH	M.O %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ppm	K <sub>2</sub> O mg.kg	Ca	Mg	K
	kcl						
UBPC Mártires de Barbados	6,8 a 7,5	2,67	1,45	0,75	34,31	6,49	0,64

### 3.3. Características climáticas

La temperatura promedio (Tabla 3) es de 24,07 °C con mínima de 22,4 °C y máxima de 25,8 °C y la humedad relativa oscila entre 72 a 81%. El régimen pluviométrico es 673,4 mm anual, siendo los meses de noviembre, diciembre, abril y mayo los de mayor pluviométrica. La insolación es intensas y los vientos de 3 a 4 m. seg<sup>-1</sup> de promedio.

Tabla 3 Respuesta de las variables meteorológicas en el 2012 hasta 2013.

<b>Meses</b>	<b>Temperatura C°</b>	<b>Humedad relativa %</b>	<b>Lluvia mm</b>
Noviembre	23,9	81	125,5
Diciembre	22,4	72	134
Enero	23,4	76	28,5
Febrero	23,5	74	45,4
Marzo	24,3	73	57,8
Abril	25,2	74	104,1
Mayo	25,8	78	178,1

### **3.4. Tratamientos**

Para el desarrollo del experimento se conformaron cuatro tratamientos con tres réplicas, quedando de la siguiente forma:

Para el desarrollo del experimento se empleó un diseño experimental de bloque al azar, con 4 tratamientos y tres réplicas. Los mismos quedaron conformados de las siguientes formas:

- T1- Testigo (sin aplicación de micorriza)
- T2- Sustrato más micorriza (4g por nido)
- T3- Sustrato más micorriza (6g por nido)
- T4- Sustrato más micorriza (10g por nido)

Los datos se ubicaron en el programa Microsoft Excel para la confección de las tablas y gráficos y en Microsoft Word para la realización del texto, utilizándose el paquete estadístico STATGRAPHICS Plus 5,1 en el procesamiento del análisis de varianza simple, con test de rangos múltiples de Duncan (5%) para la comparación de medias.

### **3.5. Aplicación del producto biológico**

- Aplicación del Hongo Micorrízico Arbuscular (HMA), *Glomus intrarradices*

Se aplicó la micorriza en el momento del trasplante, procedente del INCA con una calidad de 20 esporas por gramos de suelo y un 50% de colonización radical. Posteriormente se plantaron en cada nido.

#### Evaluaciones realizadas

Se evaluaron 24 plantas por tratamiento a los 30, 60, 90 días después del trasplante en los canteros, de un total de 96 en cada uno, midiéndoles diferentes variables morfológicas:

#### Variables de crecimiento

- Altura de la planta (cm): se midió con una cinta métrica, tomando la altura desde la base del tallo hasta el último par de hojas.
- Diámetro del tallo (mm.): se midió con un Pie de Rey, a partir de 10 cm del cuello de la raíz.
- Número de ramas (U): se determinó por conteo visual.

#### Variables de rendimiento

- Número de frutos por planta (U): se determinó a partir del conteo visual.
- Peso promedio del fruto (g): se tomaron 40 frutos por tratamiento y se pesaron con una balanza analítica.
- Rendimiento (Kg. m<sup>2</sup>): se cosecharon las plantas muestras de un metro cuadrado por tratamiento, se pesó en una balanza.

### **3.6. Preparación del área para la investigación**

Las labores básicas para la preparación de sustrato se realizaron de forma manual, se le hizo un riego por aspersión con el objetivo de asegurar el lavado para reducir la conductividad eléctrica y ponerlo en tempero, luego se precedió a roturar usando para ello un tridente, asegurando el correcto mullido del suelo

y después se realizó una aplicación de Basamid ( $60\text{gm}^2$ ), este se llevó a cabo 48 horas después de haber realizado un riego profundo para poner el suelo en tempero, con el objetivo de desinfectar el área y dejarla libre de nematodos.

### **3.7. Forma de aplicación y manejo de los productos (HMA)**

- El trasplante se realizó en la tercera decena de septiembre con plántulas logradas mediante la técnica de cantero, utilizando estiércol bovino previamente descompuesto en una relación 1:1 v/v. Se evaluaron 24 plantas por tratamiento y se aplicó el producto ante del trasplantes, después se aplicó un riego
- Las atenciones culturales se realizaron según normas técnicas.
- Durante el periodo de crecimiento y desarrollo se realizaron las siguientes atenciones culturales:
  - El riego con agua de buena calidad, diario x 15 minutos los 3 primeros días, después en dependencia de la humedad del suelo.
  - Limpia de los canteros semanal (azada y rastrillo)
  - El escarde y la escarificación ante de la aplicación del riego.

### **Valoración económica**

La valoración económica se realizó a partir de la metodología de Carrasco Elena (1992).

**Valor de la producción ( $\$. \text{ha}^{-1}$ ):** Rendimiento del cultivo multiplicado por el precio de venta de una tonelada del producto.

**Costos de la producción ( $\$$ ):** gastos incurridos por todas las actividades del cultivo.

**Ganancia:** se determina utilizando la siguiente expresión (Ganancia = Valor de la producción – Costo de producción).

**Para el cálculo de los indicadores, se utilizó como información básica:**

**Precios de venta de biofertilizantes ( $\$. \text{kg}^{-1}$ ),** según Listado de Precios del INCA (Cuba INCA, 2000).

**Precios de las semillas (\$ . kg<sup>-1</sup>)**, según listado de precio de semilla (MINAG, 2000).

Pimiento..... 376,05 MN

**Precios de venta (\$ . kg<sup>-1</sup>):**

Pimiento.....5,00 MN

Micorriza.....2,50 MN

MINAG (2000) plantea que para lograr un desarrollo sostenible en condiciones de alta temperatura, pocas precipitaciones, donde los suelos están degradados, formando parte de ecosistema frágil, es necesario realizar una adecuada preparación de suelo y las atenciones culturales que exige el cultivo (Tabla 4).

**Tabla 4.** Tarifa de preparación de tierra (\$ . ha<sup>-1</sup>). Según Ficha Técnica de Servicios Agropecuarios.

<b>Actividades</b>	<b>Total de Gastos (\$)</b>
Preparación de los canteros	60,00
Siembra	54,00
Riego	17,75
Limpia manual	71,00
Cosecha	546,00
Otros gasto	1163,33
<b>Total de gastos</b>	<b>1912,08</b>

#### IV. RESULTADO Y DISCUSIÓN.

##### 4.1. Evaluación de la variable de crecimiento altura de la planta del pimiento (*Capsicum annuum L*), variedad chay

En la tabla 5 se observa el comportamiento de la variable morfológica altura de la planta después del trasplante, donde se observa que el cultivo mostró diferencias significativas para la variable evaluada a los 30, 60 y 90 días en los tratamientos con micorriza, en comparación con el T1 sin micorriza, al evaluar esta variable se pudo observar como en el experimento las plantas que estuvieron expuestas a la acción de la micorriza respondieron positivamente, siendo el tratamiento de mayor respuesta para esta variable de crecimiento el T3 y T4 que comprende la dosis de 6g y 10g por planta.

**Tabla 5. Evaluación de la variable de crecimiento altura de la planta del pimiento (*Capsicum annuum L*)**

Tratamientos	Alturas de las plantas/ cm		
	30 Días	60 Días	90 Días
T <sub>1</sub>	53,42c	94,4 c	119,2c
T <sub>2</sub>	59,39b	126,1b	132,3 b
T <sub>3</sub>	63,81 a	133,2 a	149,4 a
T <sub>4</sub>	64,4 a	133,6 a	151,6 a
E.Sx	0,31	0,33	0,29

\*Letras iguales en columna no tienen diferencia significativa, según Dócima de Duncan para  $p \leq 0,05$ ) y E.E= error estándar calculado.

El comportamiento de los resultados también pudieron estar influidos, a que al inocular HMA al suelo, aumenta la absorción de nutrientes y el desarrollo radical además mejora las propiedades del suelo y por consiguiente el crecimiento de las plantas (Fitter y Garbaye., 1994), también refieren que las micorrizas facilitan la nutrición, crecimiento y desarrollo a las plantas, mejorando su tolerancia frente al estrés hídrico y a los agentes patógenos, lo que facilita su adaptación al suelo y permitiéndole una mayor adaptación al medio y competencia con otras plantas.

Los biofertilizantes incluyen todos los recursos biológicos que estimulan el desarrollo de los cultivos agrícolas mediante transformaciones de elementos o compuestos que se encuentran en formas no aprovechables, de manera que se conviertan en formas que puedan ser utilizadas mediante la acción de los microorganismos o de asociaciones microorganismo – planta, coincidiendo con Martínez (1994).

Al inocular hongos micorrizicos arbusculares aumentan la efectividad de absorción de nutrientes, conservar la fertilidad y mejoran las propiedades físicas del suelo, coincidiendo estas repuestas con Riera (2003) en diferentes cultivos de ciclos cortos Siqueira y Franco (1998) al señalar que las micorrizas influyen en el crecimiento y desarrollo de las plantas ya que sus hifas crecen en el suelo en mayores longitud que las raíces de la plantas, permitiéndoles la adsorción de los nutrientes fuera de las zona de agotamientos de las raíces, mientras que Ascón (2001) deja claro que ocurren transferencia de nutrientes a través de los micelios conectados entre plantas de diferentes especies, lo que reduce la competencia entre ellas y contribuye a la estabilidad y diversidad del ecosistema.

La simbiosis establecida con endomicorriza arbuscular debe ser considerada como un elemento esencial para promover sanidad y productividad en los cultivos de importancia económica. Los beneficios máximos serán obtenidos si se inocula con hongos micorrizógenos eficientes y si se hace una selección de combinaciones compatibles de hongo - planta - suelo. En general, cuanto más temprano se establezca la simbiosis, mayor será el beneficio entre ellos. (Azcón y Barea, 1997)

Durante el crecimiento de las raíces, la glomalina se introduce en el suelo, adhiriéndose a las partículas más pequeñas de arcillas y arena junto con la materia orgánica, creando la estructura necesaria para retener el agua, una mejor aireación, mejor movimiento de las raíces de las plantas, la retención de erupción y el mejoramiento de la estructura de suelo, además es de gran importancia para las especies perennes y de ciclo corto, al permitirle mayor desarrollo en los diferentes ecosistemas (Almendras, 2000 y Santanilla, 2005).

De acuerdo con Rodríguez (2007) los inoculantes micorrizógenos son productos biotecnológicos cuyo principio activo es un microorganismo vivo (hongo) que tienen la propiedad de mejorar la nutrición, el crecimiento y el desarrollo vegetal.

Uno de los resultados más importantes al respecto fue, el buen funcionamiento y efectividad de la inoculación de cepas de micorriza, en vitroplantas de diferentes especies diferenciándose en cada uno de los cultivos en cuanto crecimiento y desarrollo vegetal (Simón *et al.*, 2005).

#### **4.2. Evaluación de la variable de crecimiento diámetro del tallo del pimiento (*Capsicum annum* L)**

En la tabla 6 se muestra el comportamiento del diámetro del tallo a los 30, 60 y 90 días respectivamente después del trasplante, donde se pudo apreciar que hubo diferencias significativas, de los tratamientos con Biofertilizantes con respecto al testigo, pero entre los tratamientos T III Y TIV, no existió diferencias entre ellos, ni a los 30 y 60 días, a los 90 días no hubo diferencias entre los tratamientos TII y TIII. El mejor tratamiento fue el TIV donde se aplicó 10g de micorriza por planta.

**Tabla 6. Evaluación de la variable de crecimiento diámetro del tallo del cultivo del pimiento (*Capsicum annum* L).**

Tratamientos	Diámetro del tallo/ mm		
	30 Días	60 Días	90 Días
T <sub>1</sub>	2,16 c	2,90 c	3,35 c
T <sub>2</sub>	2,36b	3,40 b	3,42 b
T <sub>3</sub>	2,87a	3,50a	3,89 b
T <sub>4</sub>	2,91 a	3,54a	3,94 a
E.S	0,039	0,038	0,051

\*Letras iguales en columna no tienen diferencia significativa, según Dócima de Duncan para ( $p \leq 0,05$ ) y E.E= error estándar calculado.

La utilización de productos biológicos permite que las plantas aceleren los procesos fisiológicos, con el aumento de los nutrientes disponibles, los cuales pueden ser asimilados por las plantas, coincidiendo con varios autores (Barea, 1991, Ramos y Guadarrama, 2004, Rodríguez, 2006 y Peteira *et al.*, 2008) al plantear que el HMA influyen en el desarrollo de las especies.

Diversos estudios han comprobado la efectividad de los biofertilizantes al mejorar significativamente la producción de cultivos perennes y de ciclo corto, coincidiendo con Gomero y Velázquez (2001) al manifestar que cuando los productos biológicos se aplican de una forma bien concebida incrementan los rendimientos y ahorran fertilizantes nitrogenados y fosforados, lográndose disminuir la contaminación del medio ambiente.

#### **4.3. Evaluación de la variable de crecimiento número de ramas del pimiento (*Capsicum annuum* L).**

En la tabla 7 se muestra como la variable número de ramas en los tratamientos en los cuales se aplicó micorriza a los 30 días, mostraron diferencia significativa con respecto al testigo, aunque entre los tratamientos TII y TIII no hubo diferencias, de igual forma como mostro la variable anterior a los 60 días, hubo diferencias significativa de los tratamientos con Biofertilizantes con el testigo y entre los tratamientos TIII y TIV respecto al TII, de igual forma ocurrió a los 90 días, los tratamientos TIII y TIV presentaron diferencias significativa con respecto a los otros tratamientos, siendo además lo que mostraron los mejores resultados en la variable.

**Tabla 7. Evaluación de las variables de crecimiento número de ramas del pimiento (*Capsicum annuum* L).**

Tratamientos	Número de ramas (U)		
	30 Días	60 Días	90 Días
T <sub>1</sub>	2c	3b	3c
T <sub>2</sub>	3b	3b	4b

T <sub>3</sub>	3b	4a	5a
T <sub>4</sub>	4a	4a	5a
E.S	0,143	0,1813	0,236

\*Letras iguales en columna no tienen diferencia significativa, según Dócima de Duncan para  $p \leq 0,05$ ) y E.E= error estándar calculado.

Rodríguez *et al.*, 2001. se refirió que la micorriza es capaz de garantizar condiciones favorables en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, incrementando además la disponibilidad de nutrientes esenciales para las plantas fundamentalmente nitrógeno y fósforo, dando soltura, mejorando la circulación del agua y el aire, además de ser una fuente de energía la cual incrementa la actividad microbiana y absorbe calor, lo que hace que las plantas ofrezcan resistencias al estrés térmico, faciliten su crecimiento y desarrollo..

#### **4.4. Evaluación de la variable de rendimiento números de frutos del cultivo del pimiento (*Capsicum annuum* L).**

La tabla 8 muestra el número de frutos en los tratamientos en los cuales se aplicó micorriza mostraron diferencias significativas respecto al testigo (sin aplicación micorriza), teniendo comportamiento similares a los 60 y 90 días, siendo los tratamientos TIII y TIV los de mayor respuestas para esta variable con dosis de 6g y 10 g de micorriza. Esta variable en los tratamientos T3 y T4 no presentan diferencias entre ellos pero si con los restantes, esto se debe a la influencia que tiene la dosificación empleada en el cultivo, la perfecta integración morfológica entre el hongo y la planta, por la regulación de las funciones y el intercambio de metabolitos con beneficios mutuos".

Es de destacar como este efecto beneficioso y de alta repercusión económica y ambiental, no solo se obtuvo para el agricultor que trabaja en pequeñas extensiones y con una agricultura de bajos insumos, sino también para medianas y grandes empresas agrícolas con recursos y donde el manejo efectivo de la simbiosis no solo logra un impacto económico, al incrementar rendimientos y disminuir cantidades de

fertilizantes, sino también de conservación del medio ambiente y resulta por tanto una vía concreta hacia la sostenibilidad del sistema.

**Tabla 8. Evaluación de la variable de rendimiento número de frutos del cultivo del pimiento (*Capsicum annuum* L)**

Tratamientos	Números de frutos / U. promedio	
	60 Días	90 Días
T <sub>1</sub>	4,6 c	8,3 c
T <sub>2</sub>	7,4 b	9,9 b
T <sub>3</sub>	9,2a	13,2 a
T <sub>4</sub>	9,2a	13,6 a
E.S	0,34	0,5

\*Letras iguales en columna no tienen diferencia significativa, según Dócima de Duncan para ( $p \leq 0,05$ ) y E.E= error estándar calculado.

La utilización de productos biológicos permite que las plantas aceleren los procesos fisiológicos, con el aumento de los nutrientes disponibles, los cuáles pueden ser asimilados por las plantas, coincidiendo con varios autores (Barea, 1991, Ramos y Guadarrama, 2004, Rodríguez, 2006 y Peteira *et al.*, 2008) al plantear que estos productos, tanto los HMA como los orgánicos, influyen en el desarrollo de las especies perennes.

Estos resultados pudieran estar dados por la presencia de la micorriza que estimula el cuajado de los frutos por que capta con mayor facilidad ciertos elementos (*fósforo, nitrógeno, calcio y potasio*) y agua del suelo, que provocan la obtención de frutos con mayor calidad comercial que influye en la estimulación de la giberelina que por su efecto esta hormona incide en el crecimiento de los frutos las plantas que fueron tratadas con micorriza.

#### **4.5. Evaluación de las variables rendimiento del cultivo del pimiento (*Capsicum annuum* L), variedad Chay.**

La tabla 9 muestran el comportamiento del peso del fruto y el rendimiento obtenido por metro cuadrado ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ), como se puede apreciar en la demás variables en los resultados que se muestran, existen diferencias significativas entre los tratamientos analizados con micorriza y el testigo, así como entre los tratamientos con biofertilizantes en cuanto al peso por fruto. El tratamiento 4 marca diferencia significativa respecto al testigo y los demás tratamientos obteniendo este los mejores resultados. En tal sentido se puede concluir afirmando que el fraccionamiento de las dosis de micorriza y todas las combinaciones estudiadas marcó influencia en esta variable respecto al testigo. La variable rendimiento por metro cuadrado, exhibe el mismo comportamiento lógico analizado para el caso de las variables rendimiento, es decir, una aumento progresivo de sus valores desde el tratamiento testigo hasta el tratamiento 4.

**Tabla 9 Evaluación de las variables rendimientos del cultivo del pimiento (*Capsicum annuum* L)**

Tratamientos	Rendimientos	
	Peso por frutos	Rendimiento ( $\text{kg}/\text{m}^2$ )
T <sub>1</sub>	129.94d	2.91d
T <sub>2</sub>	188c	4.23c
T <sub>3</sub>	220b	4.79b
T <sub>4</sub>	226a	5.91a
E.S	0.38	0.04

\*Letras iguales en columna no tienen diferencia significativa, según Dócima de Duncan para ( $p \leq 0,05$ ) y E.E= error estándar calculado.

En un estudio al efecto residual de la inoculación de una cepa altamente efectiva de micorriza, sobre una secuencia de cultivos formado por papa, boniato y yuca en condiciones de micro parcelas y repitiéndose en dos ciclos completos, produjo siempre un incremento significativo en los rendimientos (Ruiz, 2001).

Al respecto, De la Loma (1996) plantea que los rendimientos dependen de muchos factores, siendo los más importantes el suelo; el clima, la época de plantación; los métodos de cultivo; la capacidad productiva de la variedad y su manejo.

En este sentido, diversas investigaciones han mostrado que la aplicación de abonos orgánicos mejoran los rendimientos de muchos cultivos (Maynard y Hill, 2007; Bulluck y Ristaino, 2002), también se plantea que la inconsistencia en la respuesta a la aplicación de estos productos, determinan el rendimiento de las plantas, a partir que está relacionan un grado de estabilidad y contenido de nutriente (Millner *et al.*, 2004).

En tal sentido se han planteado razones que justifican lo antes señalado, una de las cuales se refiere al hecho de que, en las proximidades de la raíz, las hifas y los pelos radicales siguen modelos diferentes de crecimiento; las hifas crecen paralelas a la raíz y los pelos radicales lo hacen perpendicularmente, lo que implica que la absorción de fósforo por unidad de superficie sea mayor en el caso de las hifas (Marschner, 1998).

Además Rodríguez *et al.*, (2002) señalan que durante el proceso de la colonización radical por las micorrizas se produce toda una series de alteraciones fisiológicas y bioquímicas específicas entre las cuales sobresalen incrementos en la tasa fotosintética y en los rendimientos de los cultivos, mejorando la absorción, translocación y utilización de nutrientes y agua, además de estimular la síntesis de clorofila, proteínas, metabolitos secundarios y sustancias de crecimientos.

#### **4.6. Valoración económica.**

Como se puede apreciar en la tabla 10 se muestran los diferentes parámetros económico evaluados en el cultivo del pimiento (*capsicum annum* L) con la aplicación de diferentes dosis de micorriza (0.4, 0.6 y 10g x planta).

Los datos relacionados en ella reflejan los indicadores económico-productivos que se incurren para la producción de este cultivo. En esta valoración se observa el rendimiento en t/ha por tratamientos, donde el mayor rendimiento se obtuvo en el

tratamiento donde se aplicaron 10g de micorriza por nido se refleja además el precio /t que es \$5435 con un valor de producción que va aumentando la cifra según la dosis aplicada.

Este tratamiento donde se aplicaron 10g por planta tuvo un gasto total de \$1464.35 para una ganancia de \$ 26254.15.

Valorando los resultados obtenidos y teniendo en cuenta además las ventajas que brinda la utilización de biofertilizantes desde el punto de vista económico y social para el cultivo, se hace evidente que la mejor variante es la aplicación de micorriza en cultivos que presentan bajo rendimiento.

Es de destacar como este efecto beneficioso y de alta repercusión económica y ambiental, no solo se obtiene para el agricultor que trabaja en pequeñas extensiones con una agricultura de bajos insumos, sino también para medianas y grandes empresas agrícolas con recursos y donde el manejo efectivo de la simbiosis no solo logra un impacto económico, al incrementar rendimientos y disminuir cantidades de fertilizantes, sino también de conservación del medio ambiente y resulta por tanto una vía concreta hacia la sostenibilidad del sistema.

La utilización de productos biológicos permite que las plantas aceleren los procesos fisiológicos, con el aumento de los nutrientes disponibles, los cuáles pueden ser asimilados por las plantas, coincidiendo con varios autores (Barea, 1991, Ramos y Guadarrama, 2004, Rodríguez, 2006 y Peteira *et al.*, 2008) al plantear que estos productos, tanto los HMA como los orgánicos, influyen en el desarrollo de las especies perennes.

**Tabla 10. Análisis de la valoración económica por tratamiento en el cultivo del pimiento (*Capsicum annuum* L).**

Tratamientos	Rend. (t/ha)	Precio/t (\$)	Valor de Prod. (\$)	Gasto total (\$)	Rentabilidad (\$)	Ganancia (\$)
Sin aplicación	2.91	\$ 5435	\$ 15815.8	\$1438.22	1099,0	\$1437.58
Aplicación de 0.4g de micorriza	4,23	\$ 5435	\$ 22990	\$1451.01	1584,0	\$ 21538.99
Aplicación de 0.6g de micorriza	4.79	\$ 5435	\$ 26033	\$1460.32	1782,0	\$ 24572.68
Aplicación de 10g de micorriza.	5.91	\$ 5435	\$ 27718,5	\$1464.35	1893,0	\$26254.15

#### **4.7. APOORTE A LA DEFENSA.**

Este trabajo está enmarcado en la producción de alimentos, con la utilización de biofertilizante para sustituir importaciones y darle respuesta a una de las prioridades que tiene el país, con la siembra de cultivos de alta productividad que permita elevar estas producciones y garanticen la alimentación a las tropas por períodos prolongados, además por la ubicación en que se encuentra el desarrollo del trabajo en una zona estratégica militarmente y ser punta de lanza en la defensa del país.

El presente trabajo se realizó en el cultivo del pimiento variedad Chay utilizando micorriza, la misma tiene una alta contribución a la defensa de la patria por que logra aumentar los rendimientos en el cultivo de las hortalizas y a obtenerla con calidad sin utilizar fertilizantes químicos que degradan los suelos cuando su uso es irracional, demostrando de esta forma u otra que se pueden lograr producciones de hortaliza con los recursos mínimo indispensable en tiempo de guerra o de crisis, con las

Brigadas de producción y defensa, utilizando este tipo de biofertilizante para las pequeñas unidades que se encuentran en la primera fila de combate.

## **V. CONCLUSIONES**

Los resultados obtenidos en esta investigación permitieron llegar a la siguiente conclusión:

1. Las diferentes dosis de micorrizas utilizadas influyeron en los parámetros de crecimiento y rendimiento del cultivo del pimiento cuando se aplicó el T3 y T4 se lograron los mejores resultados.
2. Con la aplicación de 10g por plantas se obtuvo una ganancia de \$ 26254.15 y una rentabilidad de \$1893.

## **VI RECOMENDACIONES.**

1. Continuar realizando estudios relacionados con la aplicación de cepa de Micorriza por ser estos bioproductos eficaces en el incremento de las potencialidades productivas de los cultivos.
2. Llevar a mayor escala la aplicación de este producto en toda nuestra agricultura, que requiere de la elevación de los rendimientos.

## VIII. BIBLIOGRAFÍAS

1. Acosta Elia.Y.2009. Comportamiento de hongos micorrizicos Arbusculares en el cultivo de la Manihot Esculenta Crantz (yuca) en el banco de semilla registrada de San Vicente. Trabajo de diploma (en posición al título de ingeniero agropecuario) CUG.
2. Almendras, A. 2000. Comparison of aggregate stability and glomalin among Philippine soils. Disponible en <http://www.nps.usda.gov/publication/htm>. Consultado: 07/12/2012.
3. Altieri, M.A 1997. Agroecología. Bases científicas para una agricultura sostenible .CLADES ACAO. 3ra edición. La Habana p 24
4. AZCÓN, C., BAREA, J.M. 1.997. "Applying mycorrhiza biotechnology to horticulture significance and potenTalótiats" Scientia Horticulturae, 68, 1-24 p.
5. Azcón, P. 2001. Differential contribution of Arbuscular Mycorrhizal fungi to plant nitrate uptake (N) under increasing N supply to soil. Can. J. Bot. 79 (10). pp 175-180.
6. Barea, J. 1991. Morfología, Anatomía y Citología de las micorrizas. En: Fijación y movilización de nutrientes. Madrid. pp 150-173.
7. Barroso, L. 2004. Crecimiento, desarrollo y relaciones hídricas de la Albahaca Blanca (*Ocimum basilicum* L.) en función del abastecimiento hídrico. [ p 111.Tesis de Grado]. INCA.
8. Carrasco, Elena. 1992. Calculo de los índices económicos en las producciones agropecuarias. Boletín de reseñas. producciones agropecuarias. Boletín de reseñas. 23-26 p.
9. Carrión, Mirian y Coautores. Sustratos para Organopónico Compartimientos de diferentes mezclas en AGRONAT 97 Universidad d Cienfuegos, 1997, 7P.
10. Carrión, Mirian y Coautores. Hidroponía orgánica en Cuba. En curso Taller Internacional de hidroponía. Lesma –Pérez. Universidad Nacional Agraria, La Habana, 1996, 16-34.

11. Casanova, A. 2007. Manual para la Producción Protegida de Hortalizas. Instituto de Investigaciones Hortícolas "Liliana Dimitrova". Editorial Liliana, Ministerio de la Agricultura. 113 pp.
12. Cruz, H.; Vila, I.; Cuesta, I.; Guerra, C.; López, R.; Triguero, N. y Rengifu, E. 2005. Manual Forestal de Plagas, Enfermedades y Micorrizas. Editorial Félix Varela, Cuba. 54 pp.
13. De la loma, J.L. 1966. Genética vegetal y aplicada. Edición revolución.
14. Duncan, D. B. 1955. Multiple range and multiple F tests. Biometrics 11.1
15. Fernández Lozano, J.; Liverotti, O.; Sánchez, G. 1997. Manejo Poscosecha de Pimiento. Control de Calidad. Inspección de frutas y hortalizas- Corporación del Mercado Central de Buenos Aires
16. Figueroa Vilda, Olimpia y José Luna. Como alimentarnos mejor. Editorial Proyecto Comunitario de Conservación de alimentos, 2005, 231 PP.
17. Fitter, A. y Garbaye, J. 1994. Interactions between mycorrhizal fungi and other soil organisms. Plant and soil. pp 123-133.
18. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. FAO, 2006. World reference base for soil resources. Rome: Disponible en: <<http://www.fao.org/ag/agl/agll/wrb/newkey.stm>>. consultado: 12 Feb. 2013.
19. George, E, et al. 1994. Contribution of mycorrhizal fungi to micronutrient uptake by plants. En: Biochemistry of metal micronutrients in the rhizosphere. Boca Raton, CRC, 93-109.
20. Gomero, L. y Velázquez, H. 2001. Bases conceptuales y programáticas para el manejo ecológico de suelos. Disponible en: <http://www. Adas.co.uk>. Consultado: 10 de Mayo de 2011.
21. Hernández, A. 1999. Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba. Instituto de Suelos. Ministerio de la Agricultura. AGRIFOR. Ciudad de La Habana, Cuba. 64p.
22. Huerres y Azahares, 2001 Respuesta al empleo del análogo de brucinoesteroides DI-5 en el cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum*) y pimiento (*Capsicum annum* L). Trabajo de Diploma en opción al Título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Guantánamo. p5

23. Huerres, C. Caraballo Nelia. 1997. Horticultura. La Habana: Editorial Pueblo y Educación. p. 193.
24. IHID, 2000. Informe de presentación al Polo Científico del Oeste. Situación de la producción de tomate (*Solanum lycopersicum*) y Pimiento (*Capsicum nahum* L). Proyección y demandas tecnológicas. La Habana. Cuba.
25. Instructivo técnico de la agricultura 2007.
26. Izquierdo, J. y Rodríguez, A. (2005): Enfocando una agricultura orgánica sostenible frente al desafío de la mega-urbanización en América Latina y el Caribe. Capítulo I. Introducción. FAO-INIFAT. pp 3-4.
27. Koide, T. 2000. Mycorrhizal symbiosis and plant reproduction. En: Kapulnick, Y. and Douds, DD. (eds.). Arbuscular mycorrhizas: physiology and function. Kluwer Academia Press, Dordrecht. pp 40-94.
28. Machuca, J-A.; López, R. y Jefeers, N. 2004. Abono Orgánico Fermentado. Una Contribución al desarrollo agrario local. Editorial CEDAR Hivos.
29. Manual plan turquino manatí, 2003.
30. Maroto, J.V. 1992. Horticultura Herbácea Especial. Ed. Mundi Prensa. Madrid.
31. Marschner, H. 1998. Soil-root interface: biological and biochemical processes. En: Soil chemistry and ecosystem health. SSSA Spec. Pub., Madison.
32. Martínez, R. 1994. El uso de biofertilizantes. Curso de Agricultura Orgánica. ICA. La Habana
33. Mayea, S. 1993 Instructivo para la elaboración de compost. (biotierra) a partir de desechos de la agricultura mediante el uso de inóculos microbianos.
34. MINAG. 2007. Instructivo Técnico de Hortaliza. Agricultura.
35. MINAGRI. 2007. Manual técnico para organopónico, huertos intensivos y órgano ponía semiprotegida.
36. Montero, L. et al. 2010. Efectividad de biofertilizantes micorrízicos en el rendimiento del pimiento (*Capsicum annum* L var. verano 1) cultivado en diferentes condiciones de humedad del sustrato.
37. Pedersen, C y Silvia, D, M 1996. Mycorrhiza: ecological implications of plant interactions. Klumer Academic. Publister.

38. Peña, E. N. Companioni; M. Carrión y A. Rodríguez. La materia orgánica factor decisivo en la fertilidad de los suelos y sustratos, en: IIG Curso de Agricultura Tropical. La Habana, 1999, 35-157 P
39. Pérez Cristian.1997. Influencia de la producción de hortaliza en la Agricultura Urbana en la salud de la población. Conferencia en V Encuentro de organopónico y Huertos Intensivos. Cienfuegos.
40. Pérez, C, A; et all.2002.Una metodología para el desarrollo rural. En: Proyectos integrado de yuca. Documento de trabajo No 79, centro integral de la agricultura tropical (CIAT).Cali, Colombia.p101.
- 41.Peteira, B.; Fernández, A.; Rodríguez, H. y González. A. 2008. Efecto del BION y el Fitomas E como inductores de resistencia en plantas de arroz infestadas con *Stenotarsonemus spinki*. Rev. Protección Vegetal. Vol. 23 (1). pp 32-37.
- 42.Ramos, J. y Guadarrama, P. 2004. Los hongos micorrizógenos arbusculares en la restauración de comunidades tropicales. Disponible en: [www.ujat.mx/publicaciones/uciencia](http://www.ujat.mx/publicaciones/uciencia). Número especial 1: Consultado 25/11/2012.
- 43.Ramos, J. y Guadarrama, P. 2004. Los hongos micorrizógenos arbusculares en la restauración de comunidades tropicales. Disponible en: [www.ujat.mx/publicaciones/uciencia](http://www.ujat.mx/publicaciones/uciencia). Número especial 1: Consultado 7/1/2013.
- 44.Riera, M. 2003 .Manejo de la Biofertilización con hongos micorrizicos arbusculares y rizo bacterias en secuencias de cultivos sobre suelo ferralítico Rojo. La Habana. pp 48- 87pp.
- 45.Rillig, M. and Wright, S. 2000. The role of arbuscular mycorrhizal fungi and glomalin in aggregation. Comparing effects of five plant species. Plant Soil J. Disponible en <http://www.nps.usda.gov/publication/publication/htm>. Consultado: 04/11/2012.
- 46.Rivera, R. et al. 2003. El manejo efectivo de la simbiosis Micorrizicas, una vía hacia la agricultura sostenible (Estudio de caso: El caribe).Editorial INICA.
- 47.Rodríguez Nodals, A; N. Companioni; C. M Ramírez y E. Peña 2001. Guía práctica para el uso y manejo de la materia orgánica en la Agricultura urbana. La Habana.

48. Rodríguez, F. Yakelin; A. Varona; I. Mena; A Medina N Fernández (2002). Caracterización Bioquímica de la interacción de micorriza en el cultivo del tomate. Resumen. XIV Seminario Internacional del INCA. Libro resumen.
49. Rodríguez, A. 2007. Manual Técnico para Organopónicos y Huertos Intensivos.... ISBN: 959-264-030-2. 184 pp.
50. Rodríguez, Nodals. A y colaboradores. 2007. Manual Técnico para organológicos, huertos intensivos y organoponía semiprotegida. 6ta edición. Ciudad Habana.
51. Rodríguez, Y. 2006. Comportamiento de productos biológicos a dos especies forestales en la fase de vivero. V Simposio Internacional sobre Manejo Sostenible de los Recursos Forestales. Pinar de Río. Cuba. ISBN: 959-16-0408-4.
52. Ruiz. I. 2001. Efectividad de la asociación micorrizicas en especies vegetales de raíces y tubérculos en suelo pardo y ferralítico rojos de la región central de Cuba. Tesis de grado (Dr. en ciencias agrícolas) INICA.
53. San Juan, J, 2009. Biofag-fertilizantes biológicos para la agricultura y el medio ambiente. El taller biofertilizantes para la agricultura iberoamericana en el siglo XXI, Red CYTED. Fertilizantes biológicos para la agricultura y el medio ambiente. BIOFAG, Universidad de la Habana.
54. Sánchez-Díaz, M y Aguirreolea J. 1993. Relaciones hídricas. En: Fisiología Bioquímica Vegetal. New York. Interamericana. McGraw Hill, 49-90 p.
55. Santanilla N. 2005. Capacidad del HMA de promover el crecimiento en planta de tomate. Ecología aplicada. Vol. 41. pp 47-51.
56. Shoukouhi P.M. Las plantas cultivadores y sus progenitores, URSS 1971.
57. Sieverding, E. 1988. Vesicular micorriza do solo. Fundamentos y perspectiva. MEC-ESAL-FAEPE-ABEAS: Brasilia: DF.
58. Simo, J, et al., 2005. Selección de sustratos y especies de HMA para la fase de aclimatización los clones de banano y plátanos, INIVIT, INCA.
59. Siqueira, J. O y Franco, A, A 1988. Biotecnología do solo. Vol 5. P125-166.
60. Siqueira, J. y Franco, A. 1988. Biotecnología do solo. Micorrizas. Advances in Botanical Research 13: pp 1-20.

61. Stoppani, M. I. 1995 El pimiento y su cultivo bajo protección. Informe Técnico N° 52. INTA. San Pedro. Buenos Aires. Argentina.

62.