

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMIA  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS

**EVALUACIÓN DE CINCO DOSIS DEL HONGO MICORRIZOGÉNICO (*Glomus fasciculatum*) SOBRE EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE SANDÍA (*Citrullus lanatus* (Thunb) Matsum) EN FINCA FLOR DE LAS PALMAS, GUAZACAPAN, SANTA ROSA**

TESIS  
PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA  
DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

ELABORADO POR  
**JORGE ARTEMIO SOLARES RAMOS**

En el acto de investidura como

**INGENIERO AGRÓNOMO**

EN

**SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA  
EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADO**

Guatemala, noviembre de 2007

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central

DL  
01  
T(1774)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

Lic. Luis Estuardo Gálvez Barrios

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Ing. Agr.	Francisco Javier Vásquez Vásquez
VOCAL PRIMERO	Ing. Agr.	Waldemar Nufio Reyes
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr.	Walter Arnoldo Reyes Sanabria
VOCAL TERCERO	Ing. Agr.	Danilo Ernesto Dardón Ávila
VOCAL CUARTO	Br.	Mirna Regina Valiente
VOCAL QUINTO	Br.	Nery Boanerges Guzmán Aquino
SECRETARIO	Ing. Agr.	Edwin Enrique Cano Morales

Guatemala, noviembre de 2005

Honorable Junta Directiva  
Honorable Tribunal Examinador  
Facultad de Agronomía  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
Presente

Distinguidos miembros:

De conformidad con las normas establecidas en la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a su consideración el trabajo de tesis titulado:

**EVALUACIÓN DE CINCO DOSIS DEL HONGO MICORRIZOGÉNICO (*Glomus fasciculatum*) SOBRE EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE SANDÍA (*Citrullus lanatus* (Thunb) Matsum) EN FINCA FLOR DE LAS PALMAS, GUAZACAPÁN, SANTA ROSA**

Presentado como requisito previo a optar el Título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

En espera de su aprobación, me es grato presentarles mi agradecimiento.

Atentamente,



JORGE ARTEMIO SOLARES RAMOS

## ACTO QUE DEDICO

**A:**

**DIOS:**

Suya es la honra y la gloria, por iluminarme y permitirme culminar mi carrera.

**MIS PADRES:**

**Jorge Mario Solares Montenegro (†) y Amparo Ramos Donis de Solares**, por su cariño y apoyo.

**MIS HERMANOS:**

**María del Carmen y Mario Estuardo Solares Ramos,**

**MI ESPOSA:**

**Mizia Nineth Moreno Esquite**, por su apoyo.

**MIS HIJOS:**

**Mariana Genoveva Solares Moreno.**

**MIS AMIGOS:**

A todos muy en especial.

**TESIS QUE DEDICO**

**A:**

Guatemala

Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Agronomía

Carrera en Sistemas de Producción Agrícola

Productores de sandía de la Costa Sur de Guatemala.

PDF Create! 4 Trial  
www.nuance.com

## AGRADECIMIENTOS

A:

- **Ing. Agr. Juan Herrera**, por su valioso aporte para el enriquecimiento del presente documento de investigación.

PDF Create! 4 Trial  
www.nuance.com

**CONTENIDO GENERAL**

ÍNDICE DE CUADROS	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	iv
RESUMEN	v
1. INTRODUCCIÓN	1
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
3. MARCO TEÓRICO	3
3.1 MARCO CONCEPTUAL	3
3.1.1 Clasificación taxonómica de la sandía	3
3.1.2 Morfología de la sandía	3
A. Planta	3
B. Sistema radicular	3
C. Tallos	3
D. Hojas	4
E. Flores	4
F. Fruto	4
3.1.3 Exigencias de clima y suelo	5
A. Temperatura	5
B. Humedad	5
C. Exigencias de clima y suelo	5
3.1.4 Criterios en la elección de material vegetal	6
3.1.5 Labores culturales	6
A. Temporada de cultivo	6
B. Poda	6
C. Polinización	6
D. Fertirrigación	7
E. Extracción de nutrientes en el cultivo de sandía	8
F. Recolección	8
G. Comercialización	8
3.1.6 Plagas y enfermedades asociadas al cultivo de sandía	9
A. Plagas del suelo	9
B. Hongos del suelo	9
C. Pudrición del fruto	10
3.1.7 Las micorrizas	10
3.1.8 Asociación simbiótica de las micorrizas	10
3.1.9 Tipos de micorrizas	10
A. Ectomicorrizas	10
B. Endomicorrizas	11
C. Micorrizas arbusculares	11
3.1.10 Funciones y beneficios de las micorrizas	11
3.1.11 Importancia y aplicación de las micorrizas arbusculares	12
3.1.12 Función de las micorrizas en la planta	13
3.2 MARCO REFERENCIAL	16
3.2.1 Descripción del área experimental	16
A. Ubicación	16

	B. Clima	17
	C. Suelos	17
	3.2.2 Estudios realizados con micorrizas	17
	3.2.3 El biofertilizante micorrizogénico ecomic	18
4.	OBJETIVOS	19
	4.1 General	19
	4.2 Especificos	19
5.	HIPÓTESIS	20
6.	METODOLOGÍA	21
	6.1 Descripción de los tratamientos	21
	6.2 Diseño experimental	21
	6.2.1 Modelo estadístico	21
	6.3 Detalle de la unidad experimental	22
	6.4 Distribución de los tratamientos en el campo	22
	6.5 Variables de respuesta	22
	6.5.1 Rendimiento total de sandía en m <sup>3</sup> /ha	23
	6.5.2 Rendimiento de sandía de primera en m <sup>3</sup> /ha	23
	6.5.3 Rendimiento de sandía de segunda en m <sup>3</sup> /ha	23
	6.5.4 Rendimiento de sandía de tercera en m <sup>3</sup> /ha	24
	6.6 Manejo del experimento	24
	6.6.1 Labores presiembra	24
	A. Mecanización y desinfección del suelo	24
	B. Eliminación de hospederos alternos	24
	C. Tratamiento de la semilla con <i>Glomus fasciculatum</i>	25
	6.6.2 Siembra y primera fertilización	25
	6.6.3 Segunda fertilización	26
	6.6.4 Control de malezas	26
	6.6.5 Control de plagas	26
	6.6.6 Control de enfermedades	26
	6.6.7 Colocación de colmenas para la polinización	27
	6.6.8 Cosecha	27
	6.7 Análisis de la información	27
7.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	28
	7.1 Rendimiento de sandía de primera (21-25 cm de diámetro) en tm/ha	29
	7.2 Rendimiento de sandía de segunda (16-20 cm de diámetro) en tm/ha	30
	7.3 Rendimiento de sandía de tercera (12-15 cm de diámetro) en tm/ha	32
	7.4 Rendimiento de fruto total	33
	7.6 Análisis económico	35
8.	CONCLUSIONES	36
9.	RECOMENDACIÓN	37
10.	BIBLIOGRAFÍA	38



## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Temperaturas críticas para la sandía en distintas fases de desarrollo	5
Cuadro 2.	Requerimientos nutricionales de la sandía en Kg/ha	7
Cuadro 3.	Codificación y descripción de los tratamientos evaluados	21
Cuadro 4.	Dosis de <i>Glomus fasciculatum</i> aplicados por cada 85 gramos de semilla de sandía	25
Cuadro 5.	Toneladas métricas de sandía por hectárea obtenidas en el ensayo de evaluación del hongo micorrizogénico <i>Glomus fasciculatum</i> .	28
Cuadro 6.	Resumen del ANDEVA para el modelo de regresión lineal simple que explica el rendimiento de sandía de primera calidad	29
Cuadro 7.	Resumen del ANDEVA para el modelo de regresión lineal simple que explica el rendimiento de sandía de segunda calidad	31
Cuadro 8.	Resumen del ANDEVA para el modelo de regresión lineal simple que explica el rendimiento de sandía de tercera calidad	32
Cuadro 9.	Rendimiento total de sandía en toneladas métricas por hectárea	33
Cuadro 10.	Rentabilidad de cada uno de los cinco tratamientos evaluados	35

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Estructura de las micorrizas arbusculares	14
Figura 2.	Ubicación de la finca Flor de Palmas, Guazacapán, Santa Rosa, Guatemala	16
Figura 3.	Detalle de la unidad experimental	22
Figura 4.	Distribución de los tratamientos en el campo	23
Figura 5.	Regresión lineal simple entre la dosis del hongo micorrizogénico y el rendimiento de sandía de primera calidad	30
Figura 6.	Regresión lineal simple entre la dosis del hongo micorrizogénico y el rendimiento de sandía de segunda calidad	31
Figura 7.	Regresión lineal simple entre la dosis de hongo micorrizogénico y el rendimiento de sandía de tercera calidad	33
Figura 8.	Porcentaje de sandía según la calidad diamétrica para el tratamiento testigo y el de dosis máxima del hongo micorrizogénico	34

**EVALUACIÓN DE CINCO DOSIS DE *Glomus fasciculatum* SOBRE EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE SANDÍA *Citrullus lanatus* (Thunb) Matsum EN FINCA FLOR DE LAS PALMAS, GUAZACAPÁN, SANTA ROSA**

**EVALUATION OF FIVE DOSES OF MICORRIZOGEN FUNGY *Glomus fasciculatum* ON YIELD OF WATERMELON *Citrullus lanatus* (Thunb) Matsum AT FLOR DE LAS PALMAS FARM, GUAZACAPÁN, SANTA ROSA**

**RESUMEN**

El objetivo principal de la presente investigación fue evaluar el efecto de distintas dosis del hongo micorrizogénico *Glomus fasciculatum* sobre el rendimiento del cultivo de sandía *Citrullus lanatus* (Thunb) Matsum, bajo las condiciones ambientales de la finca Flor de Palmas, Guazacapán, Santa Rosa, Guatemala.

Luego de analizar los resultados se concluye que al emplear el hongo micorrizogénico *Glomus fasciculatum* en dosis de 90 gramos por cada 454 gramos de semilla de sandía previo a la siembra diluido en 100 centímetros cúbicos de agua, se incrementa el rendimiento respecto al testigo (sin hongo micorrizogénico) en un 23 por ciento, obteniendo 71.62 TM/ha de sandía; la calidad de la fruta de sandía de primera con diámetros entre 21 a 25 centímetros se incrementa en 0.085 TM/ha y la de segunda con diámetros de 16 a 20 centímetros en 0.028 TM/ha por cada gramo del hongo que se aplique a la semilla; en tanto que la fruta de sandía de tercera con diámetros entre 12 a 15 centímetros se reduce a razón de 0.049 TM/ha por cada gramo del hongo aplicado a cada 454 gramos de sandía antes de la siembra.

La mayor rentabilidad en la producción de sandía se obtiene al aplicar 90 gramos de propágulos del hongo micorrizogénico *Glomus fasciculatum* por 454 gramos de semilla de sandía, siendo ésta de 154.37 por ciento.

## 1. INTRODUCCIÓN

El hongo micorrizogénico *Glomus fasciculatum*, ha mostrado en algunos cultivos, especialmente frutales anuales, tener un efecto positivo sobre el rendimiento del cultivo y calidad de la fruta, asimismo, también se ha atribuido que no solamente facilita la absorción de nutrientes del suelo, sino que también permite un mejor estado fitosanitario de las plantaciones.

En la simbiosis con el hongo micorrizogénico la planta se beneficia cuando la micorriza absorbe, acumula y transfiere los principales elementos nutritivos y el agua a la planta más rápidamente, además ofrecen protección contra patógenos del suelo al recubrir la raíz y liberar exudados antibióticos por lo cual se aumenta la tolerancia de la planta a las enfermedades, incrementa la tolerancia de las plantas a la sequía, compactación, altas temperaturas del suelo, salinidad, extremos de pH, toxinas orgánicas e inorgánicas y metales pesados, reduce el gasto de energía por parte de la planta por el aumento de longevidad y cese de crecimiento de los pelos radiculares por lo que las hifas del hongo pasan a cumplir dicha función en las raíces; por otro lado el hongo se beneficia de la planta cuando recibe de ésta sustancias elaboradas como: azúcares, hidratos de carbono, productos fotosintéticos, carbohidratos, ácidos orgánicos, lípidos, hormonas y vitaminas que le sirven para su crecimiento y desarrollo.

En la presente investigación se evaluaron cinco dosis del hongo micorrizogénico *Glomus fasciculatum* aplicado a la semilla de sandía previo a la siembra, para lo cual se utilizó una distribución de bloques completos al azar con cuatro repeticiones en la finca Flor de Palmas, Guazacapán, Santa Rosa, Guatemala.

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Para Guatemala el cultivo de las cucurbitáceas, especialmente el cultivo de la sandía *Citrullus lanatus* (Thunb) Matsum, cada vez se hace mas importante, ya que día con día en los departamentos de Santa Rosa, Escuintla, El Progreso, Jutiapa, Zacapa y Chiquimula se destinan más áreas a la siembra de este cultivo debido a su demanda en el mercado nacional e internacional, por lo cual es necesario tener altos rendimientos por unidad de área.

Un factor importante que contribuye en el rendimiento de los cultivos es la disponibilidad de nutrientes en el suelo; sin embargo, muchas veces los elementos nutritivos se encuentran presentes en el suelo pero lejos de la zona de absorción de la rizósfera a través del manto fino radicular o aunque se encuentren en la zona de absorción de la rizósfera, no están en las formas disponibles y/o se encuentran químicamente fijados a las partículas del suelo.

Las micorrizas arbusculares, como es el caso del hongo *Glomus fasciculatum*, en la naturaleza se encuentran asociadas principalmente a especies forestales actuando simbióticamente con las raíces de éstas para favorecer la absorción de nutrientes del suelo. Desde hace dos décadas atrás se le ha aislado y evaluado en algunos cultivos permanentes en Latinoamérica principalmente aguacate, manzano, durazno, tamarindo, entre otras y recientemente se le ha evaluado en cultivos anuales como soya, maíz y tomate, mostrando beneficios sobre el incremento del rendimiento de éstos.

En Guatemala no se conoce si las micorrizas arbusculares, específicamente *Glomus fasciculatum*, actúa simbióticamente con las raíces de sandía *Citrullus lanatus* (Thunb) Matsum, y de ser positiva la respuesta de asociación conocer cuál es el incremento en el rendimiento y calidad de la fruta.

### 3. MARCO TEÓRICO

#### 3.1 MARCO CONCEPTUAL

##### 3.1.1 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE LA SANDÍA

<b>Reino:</b>	Plantae
<b>División:</b>	Magnoliophyta
<b>Clase:</b>	Magnoliopsida
<b>Subclase:</b>	Dilleniidae
<b>Orden:</b>	Violales
<b>Familia:</b>	Cucurbitaceae
<b>Género:</b>	Citrullus
<b>Especie:</b>	<i>Citrullus lanatus</i> (Thunb). Matsum.
<b>Sinónimo:</b>	<i>Citrullus vulgaris</i> L. (13).

##### 3.1.2 MORFOLOGÍA DE LA SANDÍA

###### A. Planta

La sandía *Citrullus lanatus* (Thunb) Matsum es una planta anual, herbácea, de porte rastrero o trepador de la cual se aprovechan sus frutos.

###### B. Sistema radicular

El sistema radicular es muy ramificado. La raíz principal profunda y raíces secundarias distribuidas superficialmente. Actualmente este órgano carece de importancia, ya que alrededor del 95 % de la sandía se cultiva injertada sobre patrón de *C. máxima* x *C. moschata*, totalmente afín con la sandía. Este híbrido interespecífico se introdujo en la provincia de Almería a mediados de los 80 para resolver los problemas de fusariosis (agente causal *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum*), tras comprobar que la introducción de genes de resistencia a esta enfermedad en algunas variedades comerciales no aseguraba una producción normal en suelos muy contaminados. Adicionalmente, dicho patrón ofrece resistencia a *Verticilium* y tolerancia a *Pythium* y nematodos, confiriendo gran vigor a la planta y un potente sistema radicular con raíces suberificadas de gran tamaño (18).

###### C. Tallos

De desarrollo rastrero. En estado de 5-8 hojas bien desarrolladas el tallo principal emite las brotaciones de segundo orden a partir de las axilas de las hojas. En las brotaciones secundarias se inician las terciarias y así sucesivamente, de forma que la planta llega a cubrir 4-5 metros cuadrados. Se trata de tallos

herbáceos de color verde, recubiertos de pilosidad que se desarrollan de forma rastrera, pudiendo trepar debido a la presencia de zarcillos bífidos o trifidos, y alcanzando una longitud de hasta 4-6 metros (18).

#### **D. Hojas**

Peciolada, pinnado-partida, dividida en 3-5 lóbulos que a su vez se dividen en segmentos redondeados, presentando profundas hendiduras que no llegan al nervio principal. El haz es suave al tacto y el envés muy áspero y con nervaciones muy pronunciadas. El nervio principal se ramifica en nervios secundarios que se subdividen para dirigirse a los últimos segmentos de la hoja, imitando la palma de la mano (17).

#### **E. Flores**

De color amarillo, solitarias, pedunculadas y axilares, atrayendo a los insectos por su color, aroma y néctar (flores entomógamas), de forma que la polinización es entomofila. La corola, de simetría regular o actinomorfa, está formada por 5 pétalos unidos en su base. El cáliz está constituido por sépalos libres (dialisépalo o corisépalo) de color verde. Existen dos tipos de flores: masculinas o estaminadas y femeninas o pistiladas, coexistiendo los dos sexos en una misma planta, pero en flores distintas (flores unisexuales). Las flores masculinas disponen de 8 estambres que forman 4 grupos soldados por sus filamentos (17).

Las flores femeninas poseen estambres rudimentarios y un ovario ínfero veloso y ovoide que se asemeja en su primer estadio a una sandía de tamaño de un hueso de aceituna (fruto incipiente), por lo que resulta fácil diferenciar entre flores masculinas y femeninas. Estas últimas aparecen tanto en el brote principal como en los secundarios y terciarios, con la primera flor en la axila de la séptima a la décimo primera hoja del brote principal. Existe una correlación entre el número de tubos polínicos germinados y el tamaño del fruto (17).

#### **F. Fruto**

Corresponde a una baya globosa u oblonga en pepónide formada por 3 carpelos fusionados con receptáculo adherido, que dan origen al pericarpo. El ovario presenta placentación central con numerosos óvulos que darán origen a las semillas. Su peso oscila entre los 2 y los 20 kilogramos. El color de la corteza es variable, pudiendo aparecer uniforme (verde oscuro, verde claro o amarillo) o a franjas de color amarillento, grisáceo o verde claro sobre fondos de diversas tonalidades verdes. La pulpa también presenta diferentes colores (rojo, rosado o amarillo) y las semillas pueden estar ausentes (frutos triploides) o mostrar tamaños y colores variables (negro, marrón o blanco), dependiendo del cultivar (17).

### 3.1.3 EXIGENCIAS DE CLIMA Y SUELO

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 (17).

#### A. Temperatura

La sandía es menos exigente en temperatura que el melón, siendo los cultivares triploides más exigentes que los normales, presentando además mayores problemas de germinación.

Cuando las diferencias de temperatura entre el día y la noche son de 20-30°C, se originan desequilibrios en las plantas: en algunos casos se abre el cuello y los tallos y el poder producido no es viable. Las temperaturas críticas para la sandía en distintas etapas se presentan en el Cuadro 1.

**Cuadro 1. Temperaturas críticas para la sandía en distintas fases de desarrollo.**

Fase de desarrollo		Temperatura
Helada		0 °C
Detención de la vegetación		11-13 °C
Germinación	Mínima	15 °C
	Óptima	25 °C
Floración	Óptima	18-20 °C
Desarrollo	Óptima	23-28 °C
Maduración del fruto		23-28 °C

Fuente Infoagro.com (17).

#### B. Humedad

La humedad relativa óptima para la sandía se sitúa entre 60 % y el 80%, siendo un factor determinante durante la floración (17).

#### C. Exigencias en el suelo

La sandía no es muy exigente en suelos, aunque responde mejor en suelos bien drenados, ricos en materia orgánica y fertilizantes. No obstante, la realización de la técnica del enarenado hace que el suelo nos sea un factor limitante para el cultivo de la sandía, ya que una vez implantado se adecuará la fertirrigación al medio (13).



### 3.1.4 CRITERIOS EN LA ELECCIÓN DE MATERIAL VEGETAL

- Exigencias de los mercados de destino
- Características de la variedad comercial: vigor de la planta, características del fruto, resistencia a enfermedades.
- Ciclos de cultivo y alternancia con otros cultivos.
- Pueden considerarse dos grupos de variedades híbridas existentes en el mercado:
  1. Variedades “**Tipo Sugar Baby**”, de corteza verde oscura.
  2. Variedades “**Tipo Crimson**” de corteza rayada.

Dentro de ambos tipos pueden considerarse, sandías con semillas y sandías sin semillas, aunque generalmente las sandías triploides se están poniendo “Tipo Crimson”, por lo que la piel rayada esta siendo un carácter diferenciador para el consumidor entre sandías con semillas y sandías sin semillas (17).

### 3.1.5 LABORES CULTURALES

#### A. Temporada de cultivo

Las actividades para sembrar sandía son variables, dependiendo de la ubicación del lugar, existen algunas áreas que se pueden sembrar en humedad residual que comprende los meses de noviembre a diciembre, luego áreas de riego, el cual puede ser por gravedad o por goteo que se realiza durante los meses de época seca que comprende de diciembre a abril y la sandía que se siembra durante la época lluviosa que va de los meses de mayo a septiembre (13).

#### B. Poda

Esta operación se realiza de modo optativo, según el marco elegido ya que se han apreciado mejores rendimientos en la producción de sandías podada. Tiene como finalidad controlar la forma en que se desarrolla la planta, eliminando brotes principales, para adelantar la brotación y el crecimiento de los secundarios. Consiste en eliminar el brote principal cuando presenta entre 5 a 6 hojas, dejando desarrollar de 4-5 brotes secundarios que parten de las axilas de las mismas, confiriendo una formación más redonda a la planta (17).

#### C. Polinización

Normalmente si las condiciones ambientales son favorables es aconsejable el empleo de abejas *Aphis melifera* como insectos polinizadores, ya que con el empleo de hormonas los resultados son imprevisibles (p. ej. malformación de frutos, etc) debido a que son muchos los factores de cultivo y ambientales los que influyen en la acción hormonal. El número de colmenas puede variar de 2 a 4 por hectárea, e incluso puede

ser superior, dependiendo del marco de plantación, del estado vegetativo del cultivo y de la climatología del lugar de plantación (17).

Cuando se cultiva sandía apirena (triploide) es necesaria la utilización de sandía diploide como polinizadora, ya que el polen de la primera es estéril. Se buscan asociaciones en las que coincidan las floraciones de la polinizadora y polinizada en relación de 30 – 40% de polinizadora + 60 – 70% de polinizada o 25 – 33% de polinizadora + 67 – 75% de polinizada (17).

#### D. Fertirrigación

Existe una amplia bibliografía sobre las extracciones de nutrientes en sandía, que puede servir de guía cuando las condiciones en las que se han obtenido los datos son similares a las del cultivo en cuestión. En las condiciones de sandía en Almería y España Reche (1998) señala como extracciones (kg/ha) para una producción de 40-60 Ton/ha los siguientes requerimientos que se indican en el Cuadro 2 (17).

**Cuadro 2. Requerimientos nutricionales de la sandía en Kg/ha.**

N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO
150-250	150	150-450	25-30

Fuente: Infoagro.com (17).

Los fertilizantes de uso más extendido son los abonos simples en forma de sólidos solubles (nitrato cálcico, nitrato potásico, nitrato amónico, fosfato monopotásico, sulfato potásico, sulfato magnésico) y en forma líquida (ácido fosfórico, ácido nítrico) debido a su bajo costo, y que permiten un fácil ajuste de la solución nutritiva, aunque existen en el mercado abonos complejos sólidos cristalinos y líquidos que se ajustan adecuadamente, solos o en combinaciones con abonos simples, a los equilibrios requeridos en las distintas fases de desarrollo del cultivo (17).

El aporte de micro elementos, que años atrás se había descuidado en gran medida, resulta vital para una nutrición adecuada, pudiendo encontrar en el mercado una amplia gama de sólidos y líquidos en forma mineral o en forma de quelatos, cuando es necesario favorecer su estabilidad en el medio de cultivo y su absorción por la planta (17).

También se dispone de numerosos correctores de carencias tanto de macro como de micronutrientes que se pueden aplicar vía foliar o vía por goteo, aminoácidos de uso preventivo y curativo, que ayudan a la planta en momentos críticos de su desarrollo o bajo condiciones ambientales desfavorables, así como otros productos (ácidos húmicos, fúlvicos, correctores salinos, etc.) que mejoran las condiciones del medio y facilitan la asimilación de nutrientes por la planta (17).

#### **E. Extracción de nutrientes en el cultivo de sandía**

Bertsch-Hernández y Ramírez (4), evaluaron las curvas de absorción de nutrimentos en melón *Cucumis melo* y sandía *Citrullus lanatus*, encontrando que el cultivo de sandía para obtener una producción de 44 toneladas métricas de sandía por hectárea se consumen del suelo 108 kg Ca, 80 kg K, 57 kg N, 23 kg Mg y 8 kg P; sin embargo los elementos que más se consume en el fruto son: potasio 56 por ciento y fósforo 50 por ciento. En sandía, los momentos de máxima absorción coinciden con la emisión de guías e inicio de floración 33-40 días después de la siembra (dds) y después de la máxima floración e inicio de llenado de frutos (45-50 dds). El 60% del N se consume antes de los 40 dds, el P sufre una absorción más gradual y el K se consume más tardíamente que en melón (a los 45 dds sólo se ha consumido el 35%).

#### **F. Recolección**

Generalmente esta operación es llevada a cabo por especialistas, guiándose por las siguientes características externas:

- a. El zarcillo del pedúnculo del fruto debe estar completamente seco, o la primera hoja situada por encima del fruto estar marchita.
- b. Al golpear el fruto con los dedos debe producir un sonido sordo.
- c. Al oprimir el fruto entre las manos se oye un sonido claro como si se resquebrajase interiormente.
- d. Al rayar la piel con las uñas, esta se separa fácilmente.
- e. La cama del fruto toma un color amarillo marfil.
- f. La capa cerosa (cutícula) que hay sobre la piel del fruto ha desaparecido.
- g. Pérdida del fruto de 35 – 40% de su peso máximo (17).

#### **G. Comercialización**

La comercialización de las variedades de tamaño pequeño-mediano se realiza en cajas con 4-8 frutos. En las variedades de tamaño grande la comercialización se realiza a granel en palets.

Las perspectivas de futuro en cuanto a la comercialización radican en el tamaño del fruto, ya que este tiene el problema de ser demasiado grande para los tamaños familiares de la sociedad europea, los cuales se están reduciendo considerablemente. Es por ello que en el futuro la tendencia probablemente sea hacia frutos de tamaño pequeño (inferir a 2 kg).

Probablemente también aumente la cuota de mercado para los cultivares sin semillas, y se tienda a la diversificación de tipos y al desarrollo de cultivares más uniformes en cuanto a las características organolépticas (17).

### 3.1.6 FACTORES QUE INFLUYEN EN EL RENDIMIENTO

#### A. Plagas del suelo

Entre las plagas que se encuentran en el suelo se encuentran:

1. Nematodos
2. Gusano nochero *Agrotis* sp.
3. Gusano alambre *Agriotes* sp.
4. Piojo de sope o conchudo *Chrysomelidae*

Estas plagas se controlan aplicando el insecticida granulado carbofuran (Furadan 5 SL) al momento de la siembra, con un aplicador mecánico llamado Gandy acoplado a la sembradora y colocado junto en la línea de siembra. También al momento de emerger la planta o cuando esta tenga 5 días, utilizando insecticida-nematicida en forma de tronqueo como lo son: cabofuradan (Furadan) oxamil (Vydate SL), a razón de 2 a 4 copas por bomba de mochila respectivamente y 50 cc de la mezcla por plantita con chorro dirigido al pie (18).

#### B. Hongos del suelo

Entre los hongos del suelo que mas daño causan al cultivo se tienen: *Fusarium* sp., *Verticillium* sp., *Phytophthora* sp., *Rhizoctonia* sp., *Sclerotinia* sp., *Pythium* sp., y otros. Estas enfermedades se presentan desde el inicio hasta los 12 días de germinadas las plantas. Se controla con metil tiofanato (Banrot), prochloraz + folpet (Mirage 75 WP), empleando una y dos copas respectivamente por bomba de 4 galones dirigiendo un chorrillo de 50cc a la base de las plantitas (18).

### C. Pudrición del fruto

Sé presenta esporádicamente y es ocasionada por la bacteria *Acidoborax avenae* patovar *citrulli*. Su control es a base de aplicaciones preventivas de Agrimicin 100 en dosis de 1 medida bayer por bomba de 4 galones (18).

#### 3.1.7 LAS MICORRIZAS

Se derivan de las voces griegas **mico** = **hongo** y **rhiza** = **raíz**, es la asociación simbiótica entre un hongo y las raíces de la planta (5).

Las micorrizas son hongos que viven colonizando el interior y exterior (ectomicorrizas y endomicorrizas) de las raíces de absorción de las plantas, para obtener compuestos orgánicos esenciales. En retribución, los hongos extienden largos filamentos vegetativos (micelio) dentro del suelo para extraer agua y nutrientes esenciales y compartirlos con las plantas (5).

#### 3.1.8 ASOCIACIÓN SIMBIÓTICA DE LAS MICORRIZAS

El **hongo** recibe de la planta sustancias ya elaboradas como: azúcares, hidratos de carbono, ácidos orgánicos, lípidos, hormonas y vitaminas.

Las micorrizas son capaces de absorber, acumular y transferir los quince principales elementos nutritivos y el agua a la planta más rápidamente. Además ofrecen protección contra patógenos del suelo, incrementan la tolerancia de las plantas a la sequía, compactación, altas temperaturas del suelo, salinidad, extremos de pH, toxinas orgánicas e inorgánicas y metales pesados, reduce el gasto de energía por parte de la planta por el aumento de longevidad y cese de crecimiento de los pelos radiculares por lo que las hifas del hongo pasan a cumplir dicha función en las raíces. Estos hongos benéficos, también prolongan la vida, viabilidad y productividad del sistema radicular de la planta (6).

#### 3.1.9 TIPOS DE MICORRIZAS

##### A. Ectomicorrizas

Están formadas por casi todos los grupos de Basidiomicetos, Ascomicetos, Zigomicetos y Ficomicetos. Estas micorrizas se caracterizan por la formación de una estructura denominada **manto**, compuesta por hifas del hongo densamente agrupadas que envuelven las raicillas finas del huésped (16).

## B. Endomicorrizas

Se encuentran en el grupo de las Chytridiomycetos y se caracterizan por un manto muy reducido o ausente, red de Hartig bien desarrollada y penetración de las hifas en las células del huésped (16). Además son las más abundantes en la naturaleza y se asocian principalmente a plantas herbáceas y arbustivas, desde cultivos agrícolas hasta árboles frutales (14).

## C. Micorrizas arbusculares

Están provistas de manto, hifas de proyección externa y, normalmente, red de Hartig bien desarrollada con penetración intracelular (16).

### 3.1.10 FUNCIONES Y BENEFICIOS DE LAS MICORRIZAS

Las micorrizas actúan a nivel de la raíz produciendo una planta más sana ya que el micelio del hongo realiza las siguientes funciones.

- Consume los exudados de las raíces compitiendo con los patógenos, no permitiéndoles obtener alimento.
- Cada punto de unión con la raíz libera antibióticos.
- Recubre la raíz protegiéndola de hongos y bacterias.
- Libera hormonas de crecimiento (auxinas, citoquininas, giberelinas), aumentando el volumen radical y favoreciendo el enraizamiento de las plantas.
- Tiene mayor superficie de acción que las raíces en la captura de nutrientes y agua (5).

Es ampliamente conocida la multitud de ventajas que tiene una planta micorrizada con respecto a una que no lo esté. Entre estas ventajas, se encuentran:

- Contribución a la nutrición mineral de la planta, en especial a su aporte de fósforo, por absorción, translocación y transferencia; en la nutrición nitrogenada de la planta, y en la adquisición de otros nutrientes como zinc y cobre, y se considera que probablemente, podrían translocar potasio, calcio, magnesio y azufre.
- Control biológico para algunos patógenos provenientes de suelo, e incremento de la tolerancia de la planta a patógenos.
- Efecto positivo sobre el desarrollo y distribución de biomasa.
- Mejoramiento de la tolerancia a condiciones de estrés hídrico y salinidad
- Influencia sobre la fotosíntesis de la planta hospedera.
- Producción de hormonas estimulantes o reguladoras de crecimiento vegetal

- Incremento en la relación parte aérea / raíz de la planta micorrizada.
- Aportes en recuperación de suelos por ser formadores de agregados del suelo.
- Uso potencial en suelos degradados o áridos en programas de revegetación y/o reforestación.
- Interacción positiva con fijadores libres y simbióticos de nitrógeno y otros microorganismos de la rizósfera.
- Mayor desarrollo de la parte aérea (follaje).
- Mayor éxito en el trasplante (5).

### 3.1.11 IMPORTANCIA Y APLICACIÓN DE LAS MICORRIZAS ARBUSCULARES

La población para el año 2,025 se duplicará y para satisfacer las crecientes demandas es necesario incrementar la producción agropecuaria en una tasa cercana al 2% anual. Estas demandas en producción podrán ser satisfechas mediante aumentos en la productividad y/o a través de la incorporación de nuevas tierras a la producción agropecuaria (5).

El uso de tecnologías apropiadas facilita la producción competitiva y sostenible de las regiones. En la actualidad, la producción comercial para el consumo en fresco o para la agroindustria requiere superar múltiples limitantes, que permitan reducir pérdidas en la producción, uso excesivo de insumos fertilizantes y pesticidas, que aumentan los costos de producción y afectan la competitividad de estas especies, hasta la cosecha y poscosecha que incluye procesos agroindustriales.

Las tecnologías existentes cuentan con escaso conocimiento y poco desarrollo, la mayoría de las cuales han sido desarrolladas a partir del conocimiento empírico de los productores y que deben ser revisadas y validadas por la ciencia y la tecnología.

En condiciones naturales la mayoría de las plantas se encuentran asociadas con microorganismos del suelo, como micorrizas estableciendo relaciones benéficas (simbióticas). Esta estrategia de la evolución ha sido muy exitosa, y a pesar de que su conocimiento se reporta desde hace más de un siglo, solo durante las últimas décadas el hombre ha empezado a utilizarla en las producciones hortícolas y frutícolas, donde existen evidencias de su potencial y éxito para el desarrollo competitivo y sostenible de estas especies. Adicionalmente, las nuevas tendencias del mercado tanto mundial como regional, buscan ser más cautelosas en lo referente a la aplicación de agroquímicos y pesticidas en la agricultura, por los problemas que ocasionan sobre la salud humana.

Dentro de la diversidad de esos microorganismos del suelo, y sus diferentes interacciones, se destacan grupos de relaciones positivas como el de algunas asociaciones simbióticas micorrízicas, presentadas entre las raíces de las plantas y ciertos hongos del suelo, que juegan un papel clave en el reciclaje de nutrientes en el ecosistema y en la protección de las plantas contra estrés cultural y ambiental, que han demostrado efectos positivos en la absorción de nutrientes, dentro los cuáles el más estudiado a nivel mundial ha sido el fósforo. Las principales limitantes para la absorción de fósforo por las plantas son la baja disponibilidad de fósforo en los suelos (deficiencia del nutriente y procesos de fijación) y la baja movilidad del elemento que no permite que la planta lo pueda absorber. Las micorrizas, permiten aumentar el área de exploración de las raíces en el suelo, permitiendo una mayor zona de contacto y por tanto de absorción de nutrientes y agua, favoreciendo a las plantas que establecen relaciones simbióticas con ellas (5).

Azcón y Barea, 1997 (3) afirman que los microorganismos tienen un gran potencial para contribuir a la solución de múltiples problemas de la agricultura, dentro de los cuales los biofertilizantes con base en Micorrizas Arbusculares (MA) son una alternativa para reducir pérdidas en los procesos de multiplicación de especies frutales, mejorar la aclimatación y nutrición de frutales de importancia actual y potencial. Estas tecnologías tienen aplicación en un gran número de especies, incorporadas a la producción de semilla de buena calidad, tanto a nivel de vivero como en el manejo de los materiales micropropagados en el área de la biotecnología vegetal.

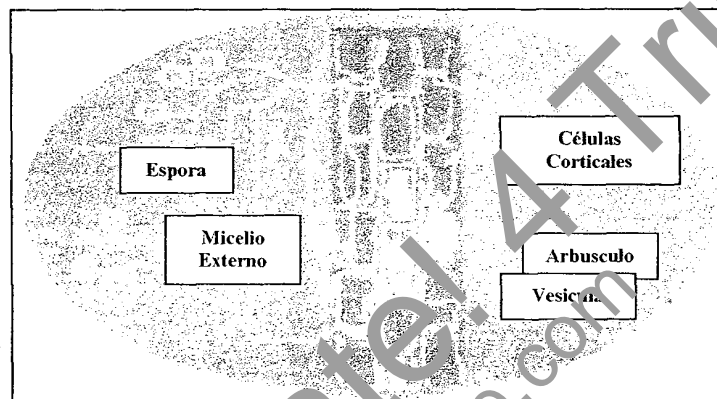
### 3.1.12 FUNCIÓN DE LAS MICORRIZAS EN LA PLANTA

La colonización del hongo a la raíz de la planta puede ser originada por el micelio precedido por la germinación de esporas de resistencia que permanecen en el suelo. Las clamidiosporas que resisten condiciones adversas en el suelo, germinan frecuentemente a circunstancias favorables, emitiendo un tubo germinal, tubo que puede o no ser que encuentre y penetre con éxito en una raíz. La presencia de un sistema micelial, integrado por dos fases, un micelio externo, el cual coloniza el suelo, cuya extensión puede ser considerable, sin embargo esta característica varía, y un micelio interno que se ubica dentro de la corteza de las raíces micorrizadas (2).

Según Augé (2) la presencia de micelio externo constituye uno de los principales pilares de la asociación, ya que estas hifas se desarrollan más allá del suelo que circunda la raíz, trascienden la rizósfera y transportan nutrimentos directamente a la planta. Se presentan dos tipos de hifas extramatriciales: las hifas de avance "runner" en el suelo y las hifas absorbentes (Figura 1).



Las primeras son de paredes gruesas, grandes, con proyecciones angulares muy definidas, las cuales siguen la trayectoria de las raíces en el suelo, o en algunos casos, simplemente crecen a través del suelo en busca de ellas; estas aunque absorben nutrimentos, su función primordial aparentemente, es de soporte y base permanente de la red micelial. Las hifas que penetran las raíces se inician a partir de estas hifas de avance. Las hifas absorbentes de paredes más finas, se desarrollan a partir de las de avance y se dividen dicotómicamente extendiéndose en el suelo, son las componentes del hongo que absorben los nutrimentos para transportarlos al hospedero. Su escaso diámetro les permite explorar los poros más finos del suelo, especialmente cuando estos tienen altos contenidos de arcillas y materia orgánica. No se conoce aún la distancia a la cual puede extenderse. Dada la alta relación área/volumen que genera su presencia, el micelio externo de la endomicorriza arbuscular permite que la planta pueda explorar intensamente un gran volumen de suelo.



Fuente: Auge, 2000 (2).

**Figura 1. Estructuras morfológicas de las micorrizas arbusculares.**

A partir del micelio externo del hongo se pueden formar células auxiliares aisladas o agrupadas, cuya función no se ha determinado totalmente y grandes esporas de resistencia de paredes gruesas, las cuales pueden sobrevivir por años y cuya germinación inicia un nuevo ciclo de la simbiosis. El desarrollo de micelio interno se inicia cuando una clamidospora entra en contacto con la raíz, forman un apresorio, penetra la epidermis desarrollando hifas que crecen intra e intercelularmente. Forman enrollamientos al interior de algunas células del hospedero, extendiendo la infección longitudinalmente en la raíz, penetran a las células más internas de la corteza. En este lugar, a partir de hifas intercelulares, se forman ramificaciones laterales que trascienden las paredes de las células del hospedero, cuyo plasmalema se invagina y rodea totalmente la estructura fungosa, la cual una vez en el interior de la célula, se ramifica en forma dicotómica repetidamente, dando lugar a una estructura tridimensional arborescente que se ha denominado arbusculo. En la zona de contacto hospedero-arbusculo se forma una matriz interfacial, en donde se ha comprobado ocurre la mayor transferencia de nutrimentos entre los asociados (2).

Algunos géneros de micorrizas arbusculares producen vesículas, las cuales consisten en ensanchamientos de hifas, que se disponen inter o intracelularmente, ocupando posiciones terminales o intermedias en las hifas. Las vesículas se desarrollan posterior a los arbusculos, en las regiones más antiguas de la infección y contienen material lipídico, por lo cual se las ha aceptado comúnmente como órganos de almacenamiento de algunos de los hongos micorrizógenos arbusculares. Estas estructuras poseen una pared fina, que puede espesarse en algunas ocasiones, transformándose en clamidiospora. El hecho de encontrarlas asociadas con raíces viejas o muertas, sugiere que también desempeñan un papel como órganos de reposo o de propagación del hongo. Esta estructura la forman todos los hongos micorrizógenos arbusculares, con excepción de los géneros *Gigaspora* y *Scutellospora* (2).

PDF Create! 4 Trial  
www.nuance.com

### 3.2 MARCO REFERENCIAL

#### 3.2.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA EXPERIMENTAL

##### A. Ubicación

La presente investigación se realizó en la Finca Flor de las Palmas ubicada en la aldea El Maneadero, municipio de Guazacapán, departamento de Santa Rosa (Figura 2). Geográficamente se ubica en las coordenadas  $35^{\circ} 55' 44''$  Latitud Norte y a  $90^{\circ} 16' 08''$  Longitud Oeste con una altitud media de 70 msnm con una precipitación pluvial total anual es de 1,465 mm (10).

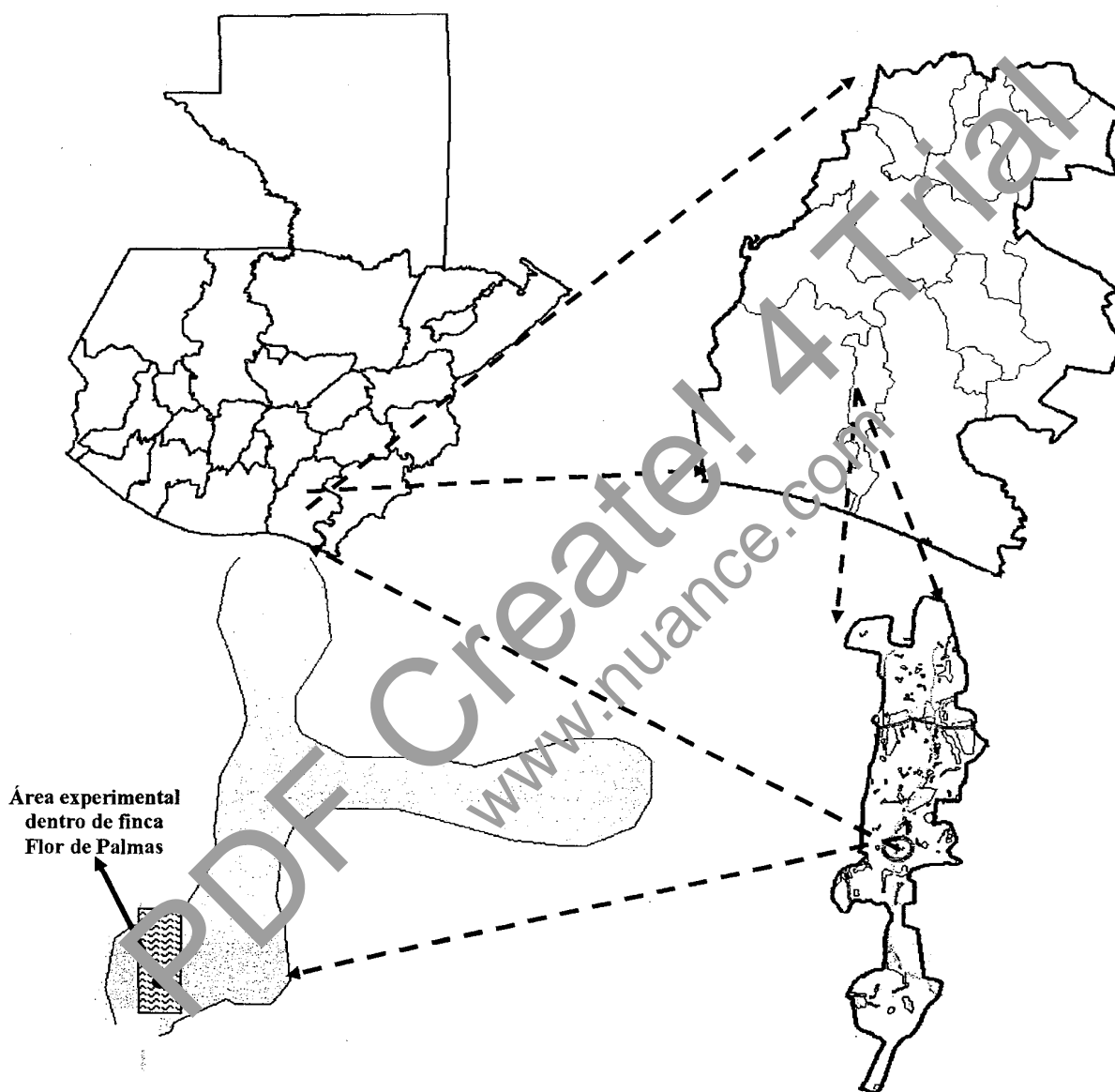


Figura 2. Ubicación de la finca Flor de Palmas, Guazacapán, Santa Rosa, Guatemala.

## B. Clima

Basados en el sistema de Holdridge, se clasifica a la región como una zona de vida Bosque Seco Subtropical (bs-S) caracterizándose por días soleados durante los meses que no llueve. Con una precipitación pluvial total anual de 1,465 mm y una biotemperatura media anual de 24 °C (7).

## C. Suelos

De acuerdo a la clasificación de suelos de Simmons (20), los mismos corresponden a la serie de suelos Toltecate, con las siguientes características: son profundos, bien drenados, desarrollados sobre materiales volcánicos, y con una profundidad del suelo de hasta un metro.

Según su uso potencial se clasifican como suelos de la clase III, con una topografía casi plana, de alta productividad, fértiles y mecanizables, aptos para todos los cultivos de la región (20).

### 3.2.2 ESTUDIOS REALIZADOS CON MICORRIZAS

Vidal *et al.* (21) en Estados Unidos trabajaron plántula micropropagadas de aguacate las cuales mostraron un lento crecimiento durante la fase de aclimatación, mientras que las inoculadas con *G. fasciculatum* presentaron un sistema radical bien desarrollado, por lo que las plantas fueron mas tolerantes al estrés ambiental en el trasplante.

Godínez *et al.*, (9) en Yugoslavia Jazine y Azcón (11), realizaron investigaciones con plantas de aguacate en vivero, inoculando *Glomus fasciculatum* obteniendo incrementos en el crecimiento, en el contenido de fósforo y nitrógeno, en la altura de las plantas de 30 a 250% y mayor peso seco.

Matare y Hattough (15) examinaron que plántulas de aguacate micorrizadas fueron menos dañadas por *Phytophthora cin. an. mi* que las no micorrizadas.

Las micorrizas en aguacate como tecnología biológica aplicada representa una área de explotación en beneficio del desarrollo del cultivo aún no explotada; sin embargo varios trabajos realizados en México sobre su aplicación en frutales tales como mango, ciruelo, papaya, vid, fresa, piña, melón, cítricos café, zapote blanco, capulín, chirimoya y guanábana, han tenido resultados satisfactorios y estos han sido desarrollados principalmente en la Sección de Microbiología de Suelos del Colegio de Postgraduados. Actualmente se conoce poco sobre la asociación de micorrizas arbusculares y cultivos hortícolas, pero se está generando información acerca de dichas asociaciones para que puedan utilizarse ampliamente no solo en cultivo de

frutales; puesto que en ensayos iniciales en algunos cultivos hortícolas se han reportado beneficios importantes (1).

Se evaluó la asociación de la micorriza vesículo arbuscular (MVA) *Glomus manihotis* y *Glomus fasciculatum* con la cepa *Bradyrhizobium japonicum* sobre el crecimiento y desarrollo del cultivo de la soya *Glycine max* L. Merrill, obteniendo excelentes resultados en comparación al testigo (8).

Kaya et al (12) evaluaron el efecto de la colonización de raíces de sandía con micorrizas, empleando el hongo *Glomus clarum* sobre el rendimiento de fruta fresca; los tratamientos fueron 1) riego a capacidad de campo sin micorrizas 2) riego a capacidad de campo con micorrizas 3) condiciones de estrés de riego sin micorrizas y 4) condiciones de estrés de riego con micorrizas. Resultado del experimento se tuvo que el mejor tratamiento fue con riego a capacidad de campo y micorrizas incrementando el rendimiento de los frutos en un 33 por ciento.

### 3.2.3 EL BIOFERTILIZANTE MICORRIZOGÉNICO ECOMAC

Es un inoculante sólido utilizado para el recubrimiento de semillas y que funciona como un biofertilizante y contiene propágulos de hongos micorrizogénicos con un alto grado de pureza (85 a 98 %) y estabilidad biológica. El ingrediente activo es *Glomus fasciculatum* (Thaxter) Gerdermann & Trappe emend. Walker & Koske. La dosis de aplicación indicada es el diez por ciento del peso de la semilla, mezclado con agua y dejado en reposo; no se debe exceder la siembra después de 24 horas de aplicado el producto (19).

#### 4. OBJETIVOS

##### 4.1 GENERAL

- 4.1.1 Evaluar el efecto de distintas dosis del hongo micorrizogénico *Glomus fasciculatum* sobre el rendimiento del cultivo de sandía *Citrullus lanatus* (Thunb) Matsun.

##### 4.2 ESPECÍFICOS

- 4.2.1 Establecer la dosis de *Glomus fasciculatum* que incremente significativamente el rendimiento total de frutos de sandía en toneladas métricas por hectárea.
- 4.2.2 Analizar el efecto de la aplicación del hongo micorrizogénico *Glomus fasciculatum* sobre la proporción de frutos de sandía de primera, segunda y tercera.
- 4.2.3 Identificar cual de los cinco tratamientos ofrece la mayor rentabilidad.

## 5. HIPÓTESIS

- 5.1 La sandía *Citrullus lanatus* (Thunb) Matsum cultivada con el hongo micorrizogénico *Glomus fasciculatum* y el testigo (sin micorrizas) tendrán el mismo rendimiento de frutos en toneladas métricas por hectárea.

## 6. METODOLOGÍA

### 6.1 DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

Se evaluaron cuatro dosis de *Glomus fasciculatum* inoculados en 150 centímetros cúbicos de agua por 0.454 kilogramos de sandía más el testigo donde no se aplicó el hongo micorrizogénico tal como se muestra en el Cuadro 3.

**Cuadro 3. Codificación y descripción de los tratamientos evaluados**

Tratamiento	Descripción
T1	Sin aplicación del hongo micorrizogénico <i>Glomus fasciculatum</i> .
T2	Remojo de 0.454 gramos de semilla de sandía en una solución de 100 cc de agua con 30 gramos del propágulos de <i>Glomus fasciculatum</i> .
T3	Remojo de 0.454 gramos de semilla de sandía en una solución de 100 cc de agua con 50 gramos del propágulos de <i>Glomus fasciculatum</i> .
T4	Remojo de 0.454 gramos de semilla de sandía en una solución de 100 cc de agua con 70 gramos del propágulos de <i>Glomus fasciculatum</i> .
T5	Remojo de 0.454 gramos de semilla de sandía en una solución de 100 cc de agua con 90 gramos del propágulos de <i>Glomus fasciculatum</i> .

### 6.2 DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental que se utilizó fue el de bloques completos al azar con cinco tratamientos y cuatro repeticiones para un total de 20 unidades experimentales.

#### 6.2.1 MODELO ESTADÍSTICO

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + E_{ij}$$

#### Referencia:

$Y_{ij}$  = Variable de respuesta de la ij-ésima unidad experimental.

$\mu$  = Efecto de la media general.

$T_i$  = Efecto del i-ésimo tratamiento con *Glomus fasciculatum*.

$B_j$  = Efecto del j-ésimo bloque.

$E_{ij}$  = Efecto del error experimental asociado a la ij-ésima unidad experimental.



### 6.3 DETALLE DE LA UNIDAD EXPERIMENTAL

La unidad experimental como se muestra en la Figura 3, estuvo compuesta por 8 surcos de 20 metros de largo con 20 posturas por surco a una distancia de un metro entre posturas, lo que hace un total de 160 plantas por unidad experimental en la parcela bruta con un área de 288 m<sup>2</sup> (14.40m x 20.00 m). Para la parcela neta se escogieron los cuatro surcos centrales (para evitar el efecto de borde), eliminando tres posturas en cada extremo del surco, lo cual hace un total de 56 plantas en un área de 100.80 m<sup>2</sup> (7.20 m x 14.00 m).

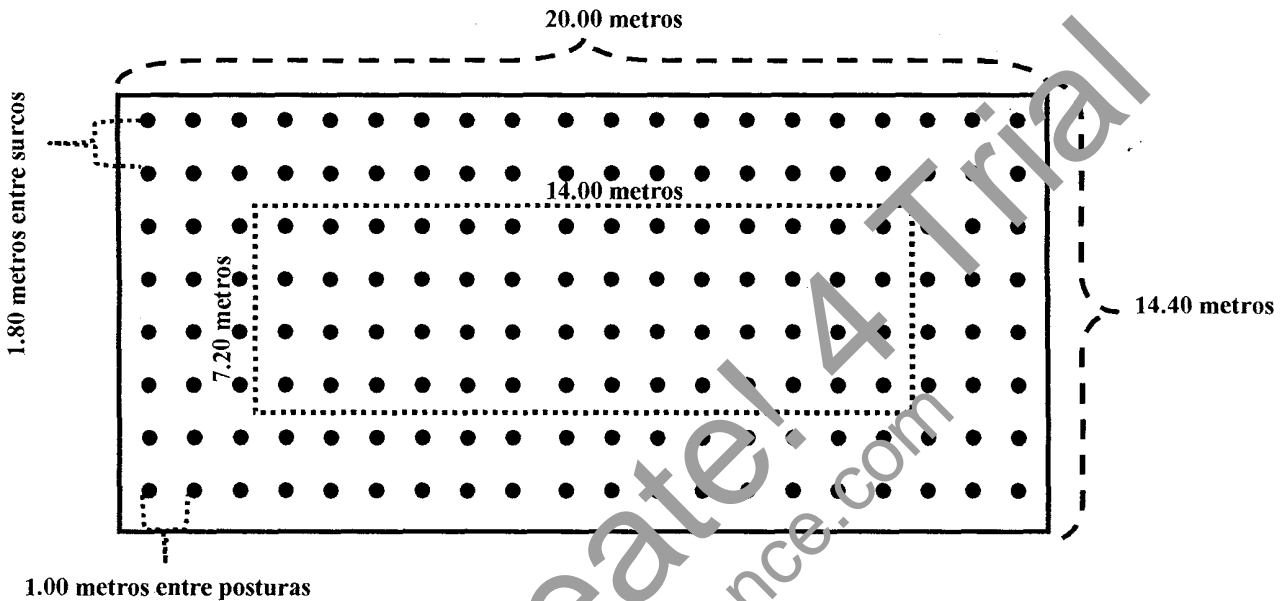


Figura 3. Detalle de la unidad experimental.

### 6.4 DISTRIBUCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS EN EL CAMPO

Los tratamientos se distribuyeron en cada unidad experimental, tal como se muestra en la Figura 4, con una distancia entre bloques y unidades experimentales de dos metros, ocupando un área total de 6,868.80 m<sup>2</sup> (63.80 m x 107 m).

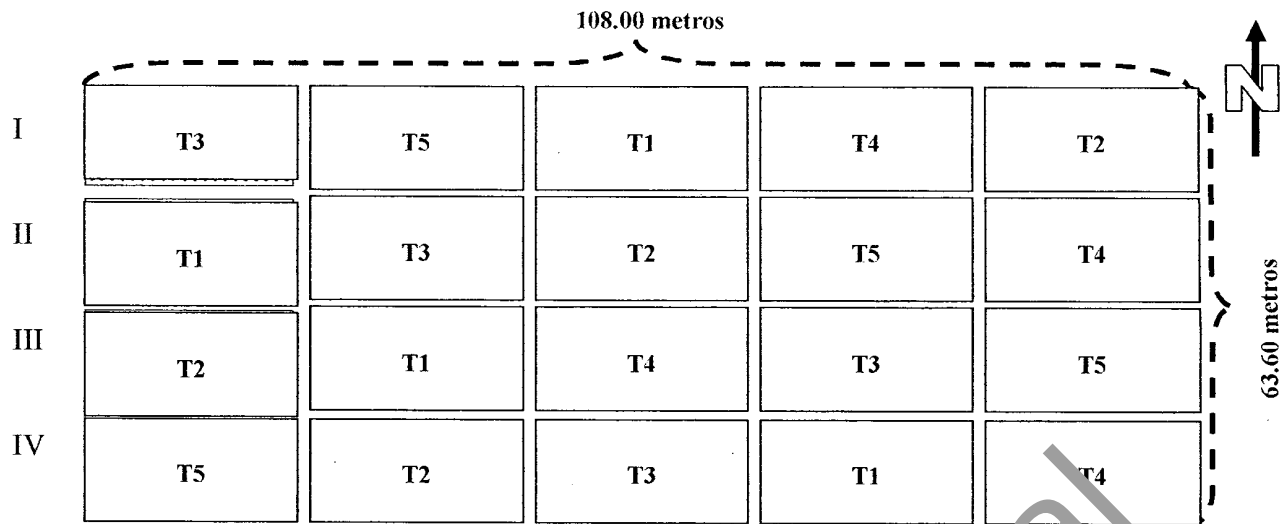


Figura 4. Distribución de los tratamientos en el campo.

## 6.5 VARIABLES DE RESPUESTA

### 6.5.1 RENDIMIENTO TOTAL DE SANDÍA EN TONELADAS MÉTRICAS POR HECTÁREA

Se cosechó el total de frutos de cada unidad experimental correspondientes a la parcela neta y se cubicó, registrando el metraje correspondiente a cada repetición de cada tratamiento.

### 6.5.2 RENDIMIENTO DE SANDÍA DE PRIMERA EN TONELADAS MÉTRICAS POR HECTÁREA

De los frutos cosechados para la variable de respuesta rendimiento total de sandía en toneladas métricas por hectárea correspondiente a cada repetición de los diferentes tratamientos se seleccionaron aquellas con un diámetro entre 20 y 25 centímetros, luego se pesaron.

### 6.5.3 RENDIMIENTO DE SANDÍA DE SEGUNDA EN TONELADAS MÉTRICAS POR HECTÁREA

De los frutos cosechados para la variable de respuesta rendimiento total de sandía en toneladas métricas por hectárea correspondiente a cada repetición de los tratamientos establecidos se seleccionaron aquellas con un diámetro entre 16 y 20 centímetros, luego se pesaron.

#### 6.5.4 RENDIMIENTO DE SANDÍA DE TERCERA EN TONELADAS MÉTRICAS POR HECTÁREA

De los frutos cosechados para la variable de respuesta rendimiento total de sandía en toneladas métricas por hectárea correspondiente a cada repetición de los tratamientos evaluados se seleccionaron aquellas con un diámetro entre 12 y 15 centímetros, luego se pesaron.

### 6.6 MANEJO DEL EXPERIMENTO

#### 6.6.1 LABORES PRESIEMBRA

Las labores presiembra que se realizaron básicamente comprendieron tres aspectos, la mecanización del suelo, la eliminación de hospederos alternos de plagas y enfermedades y la inoculación o infección de las semillas de sandía con el hongo *Glomus fasciculatum*.

##### A. Mecanización y desinfección del suelo

La primera acción fue el **rastreo** a fin de incorporar los rastrojos y malezas que quedaron de la cosecha anterior, lo cual se realizó en forma mecanizada empleando una rastra tipo pesada (Rome Plaw). Después se pasó el **subsolador** para romper la capa de suelo compactada (pie de arado) y así facilitar la aireación y mantener la humedad del suelo. Luego se aró el terreno con un arado de tres discos reversibles a fin de romper el suelo y contribuir a la degradación del material vegetal incorporado. Al terminar con el arado y previo a la siembra se realizaron dos pasadas de **rastra** en forma transversal a fin de reducir de tamaño los bloques de tierra grandes dejados en las acciones anteriores; con el segundo paso de rastra se incorporó al suelo el insecticida **Conten** para el control de plagas insectiles como *Phyllophaga spp.*, *Agriotes spp.*; finalmente se procedió al **sarqueado**, el cual quedó a una distancia de 1.80 metros.

##### B. Eliminación de hospederos alternos

En las parcelas cercanas al experimento se eliminaron los hospederos alternos de plagas y enfermedades como: **Meloncillo** *Melothria pendula L.*, hospedero de mosca blanca *Bemisia tabaci*, aphidos y mildiu polvoriento *Pseudoperonospora cubensis*. El meloncillo germina de forma natural como maleza y es el principal hospedero ya que se encuentra ampliamente difundido en los terrenos; **Escobillo** *Sida acuta L.*, hospedero de varios virus que a través de vectores pueden infectar la sandía provocando diversos mosaicos y acolochamientos en la planta de sandía; así también se eliminaron otras malezas que presentaban síntomas de virosis y enrollamientos.

### C. Tratamiento de la semilla de sandía con *Glomus fasciculatum*

En cada tratamiento se empleó 1,280 semillas (320 semillas por repetición) que equivale aproximadamente a 85 gramos de peso. Para el tratamiento 2 se emplearon 6.61 gr de *Glomus fasciculatum* para inocular los 85 gramos de semilla (1,280 semillas), que equivale a una dosis de 30 gramos de hongo por libra de semilla de sandía. En el Cuadro 4, se indica la dosis de cada tratamiento por libra de semilla y su equivalente de gramos de hongo por 85 gramos de semilla de sandía.

**Cuadro 4. Dosis de *Glomus fasciculatum* aplicados por cada 85 gramos de semilla de sandía**

Tratamiento	Gramos de <i>G. Fasciculatum</i> por 454 gramos de semilla de sandía	Gramos de EcoMic por 454 gramos de semilla de sandía	Gramos de EcoMic por 85 gramos de semilla de sandía
1	0	0.00	0.00
2	30	35.29	6.61
3	50	58.82	11.01
4	70	82.35	15.42
5	90	105.88	19.82

Al tratamiento uno que correspondió al testigo no se le aplicó micorrizas, para el tratamiento dos que correspondió a 30 gramos de propágulos de *Glomus fasciculatum* por 454 gramos de semilla de sandía, en la práctica se disolvieron 6.61 gramos del biofertilizante EcoMic en 20 centímetros cúbicos de agua destilada, luego con ésta mezcla se recubrieron los 85 gramos de semilla de sandía y se dejó reposar durante dos horas, posteriormente se procedió a la siembra de las semillas, de la misma forma se procedió con los tratamientos 3, 4 y 5, con la única variante de que se emplearon del biofertilizante EcoMic 11.01, 15.42 y 19.82 gramos respectivamente.

#### 6.6.2 SIEMBRA Y PRIMERA FERTILIZACIÓN

La siembra se realizó en cada unidad experimental a una distancia entre surcos de 1.80 metros y entre posturas a un metro (Figura 3), colocando dos semillas por postura a una profundidad de 5 centímetros bajo la superficie del suelo, se tuvo especial cuidado de colocar en cada unidad experimental la semilla tratada con *Glomus fasciculatum* de acuerdo a la distribución que se presentó en la Figura 4. La variedad de sandía que se sembró fue la Mickylee.

La primera fertilización se realizó a los seis días de germinadas las semillas colocando 17 gramos por postura del fertilizante Blaunkorn (12-12-17-2) más elementos menores a una distancia de 15 centímetros de las plántulas y a una profundidad de diez centímetros.

### 6.6.3 SEGUNDA FERTILIZACIÓN

La segunda fertilización se realizó a los 20 días después de la primera y se aplicó el fertilizante a una distancia de 50 centímetros de las plantas y una profundidad de 20 centímetros. Por postura se aplicaron 25 gramos de sulfato de potasio (0-0-50) y 25 gramos de nitrato de potasio (13-0-46).

### 6.6.4 CONTROL DE MALEZAS

Se realizó con el pasó de la cultivadora de discos en dos oportunidades durante el ciclo de cultivo, la primera junto con la segunda fertilización y la segunda 20 días después. La cultivadora únicamente eliminó las malezas presentes al centro de la cama de tierra que divide un surco de otro. Las malezas presentes cercanas al surco y entre las matas de sandía que no eliminó la cultivadora fueron eliminadas por medio de azadones y trabajadores de campo. Las malezas predominantes que se eliminaron mecánicamente y manualmente en el área del experimento fueron: guisquilete *Amarantus spinosus* L., meloncillo *Melothria pendula* L., coyolillo *Cyperus rotundus* L. y bermuda o pelo de mica *Cynodon dactylon* L.

### 6.6.5 CONTROL DE PLAGAS

Para el control de plagas del suelo se aplicó carbofuran (Furadan) y oxamil (Vidate L) a razón de 50 y 100 cc por bomba de 16 litros respectivamente; luego en cada postura se dejó caer 50 cc (tronqueado) cuando las plántulas tenían dos días de emergidas. Para el control de plagas del follaje se realizaron aplicaciones cada 12 días de imidacloprid (Jade) a razón de 25 cc por bomba de 16 litros de capacidad, es intercaló con teflubenzuron (Nomolt) a razón de 12.5 cc por bomba de mochila y ciflutrina (Baytroid) a razón de 50 cc por bomba de mochila.

### 6.6.6 CONTROL DE ENFERMEDADES

Para el control de enfermedades se aplicó a los 8 días de germinadas las semillas 25 cc de metil tiofanato (Banrot) y 50 cc de prochloraz + folpet (Mirage) por bomba de 16 litros de capacidad. Luego cada 10 días se aplicó mancozeb (Mancozeb) a razón de 175 cc por bomba de 16 litros de capacidad, intercalado con metaxil (Ridomil) a razón de 125 cc por bomba y prochloraz (Mirage) a razón de 15 cc por bomba.

Todas las aplicaciones de insecticidas y funguicidas se realizaron en horas de la tarde-noche debido a la incorporación de abejas al área experimental para mejorar la polinización y cuajado de frutos.

### 6.6.7 COLOCACIÓN DE COLMENAS PARA LA POLINIZACIÓN

A los 30 días después de la siembra se colocaron un total de tres colmenas por toda el área experimental para mejorar la polinización a través de *Aphis mellifera*; en el momento de mayor floración se aplicó el atrayente de abejas bee-Here o Bec –Acent con el propósito de que las abejas se dirigieran al campo experimental y no a campos adyacentes con sandía u otras plantas melíferas.

### 6.6.8 COSECHA

La cosecha se realizó a partir de los 63 días después de la siembra, donde se realizó el primer corte, luego se realizaron tres cortes más. Se tuvo especial cuidado en el manejo de los frutos registrando a que unidad experimental y tratamiento procedían.

### 6.7 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Los toneladas métricas de sandía por hectárea de primera, segunda y tercera se corrieron en un análisis de regresión lineal simple, donde la variable independiente "X" fue los gramos de *Glomus fasciculatum*, aplicados por cada 454 gramos de semilla y la variable dependiente "Y" fueron las toneladas métricas obtenidas. Los modelos matemáticos generados se validaron mediante un análisis de varianza.

Con los costos de producción tanto fijos como variables y el ingreso bruto en cada uno de los tratamientos se procedió a realizar el análisis económico para establecer la rentabilidad de cada uno de los tratamientos evaluados.

## 7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 5, se presentan los resultados obtenidos de las toneladas métricas por hectárea de sandía según la calidad, la dosis de *Glomus fasciculatum*, aplicada a la semilla previo a la siembra, y la repetición correspondiente. Las toneladas métricas totales, corresponden a la sumatoria de las calidades de primera, segunda y tercera; se aprecia que a medida que la dosis del hongo micorrizogénico se incrementa, también se incrementa el rendimiento total de sandía.

**Cuadro 5. Toneladas métricas de sandía por hectárea obtenidas en el ensayo de evaluación del hongo micorrizogénico *Glomus fasciculatum*.**

Tratamiento			Toneladas métricas/hectárea de sandía de			
No.	Dosis *	Repetición	Primera	Segunda	Tercera	Total
1	0	1	4.91	8.57	10.17	23.64
	0	2	5.29	9.22	10.96	25.47
	0	3	5.47	9.55	11.35	26.37
	0	4	5.66	9.83	11.74	27.29
2	30	1	6.11	9.54	10.71	26.37
	30	2	6.39	9.81	10.00	26.19
	30	3	6.04	9.65	10.96	26.65
	30	4	6.13	9.42	11.73	27.29
3	50	1	9.88	10.79	7.59	28.25
	50	2	10.01	10.94	7.69	28.64
	50	3	10.11	11.05	7.76	28.91
	50	4	9.30	10.72	7.53	28.04
4	70	1	10.14	10.67	7.46	28.27
	70	2	10.46	10.82	7.72	29.00
	70	3	10.17	11.11	7.81	29.09
	70	4	10.49	11.46	8.05	30.00
5	90	1	12.54	11.46	6.90	30.91
	90	2	12.96	11.84	7.13	31.93
	90	3	12.17	11.12	6.70	30.00
	90	4	13.65	12.47	7.52	33.64

\*Dosis: gramos de *Glomus fasciculatum* inoculados por 454 gramos de semilla de sandía previo a la siembra.

La sandía que se cultiva en el sur de Guatemala, donde el mayor productor es el municipio de Chiquimulilla, Santa Rosa, se comercializa en tres mercados principales: El Salvador, La Central de Mayoreo (CENMA) y Mercado de La Terminal en la zona 4 de Guatemala; a nivel de campo la única clasificación

válida en términos comerciales respecto a la calidad de la sandía es su clasificación en diámetros, como sigue:

- Sandía de Primera calidad: diámetro entre 21 a 25 cm.
- Sandía de Segunda calidad: diámetro entre 16 a 20 cm
- Sandía de Tercera calidad: diámetro entre 12 a 15 cm

La anterior clasificación únicamente considera al diámetro y no se incluyen aspectos como: color exterior de la corteza, color de la pulpa, contenido de grados brix, etc. Las sandías en las que visualmente se observan malformaciones en su superficie debido a daños mecánicos (raspones, fracturas) y fisiológicos (quemaduras), inmediatamente son descartadas independientemente del diámetro que posean.

En el Cuadro 5, se aprecia que a medida que se fue incrementando la dosis del hongo micorrizogénico inoculada a la semilla de sandía, el rendimiento de sandía en toneladas métricas por hectárea se incrementó para aquellas con un diámetro entre 21 a 25 cm (sandía de primera), y entre 16 a 20 cm (sandía de segunda); para las sandías con diámetro entre 12 a 15 cm que en el campo comercialmente se clasifican como sandía de tercera calidad la relación se aprecia inversa pues a medida que se incrementó la dosis de *Glomus fasciculatum*, el rendimiento de tercera calidad se redujo. Para conocer la ecuación matemática que define dichas relaciones se presentan los incisos siguientes:

#### 7.1 RENDIMIENTO DE FRUTOS DE PRIMERA (21-25 CM DE DIÁMETRO) EN TM/HA

En el Cuadro 6 se presenta el resumen del análisis de varianza (ANDEVA), para el modelo matemático de regresión lineal simple que explica el rendimiento de sandía de primera calidad en función de la dosis del hongo micorrizogénico *Glomus fasciculatum*. En la Figura 5, se presenta la gráfica que explica el modelo.

**Cuadro 6. Resumen del ANDEVA para el modelo de regresión lineal simple que explica el rendimiento de sandía de primera calidad.**

Fuentes de variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fcal	Pr > F
$TM/ha (1^{\circ}) = 0.085 (Gr) + 4.799$	1	143.7067	143.7067	198.905066	0.0001
Error	18	13.0048	0.72248889		
Total	19	156.7115			

**r = 0.957**      **C.V. = 9.53 %**

Donde:

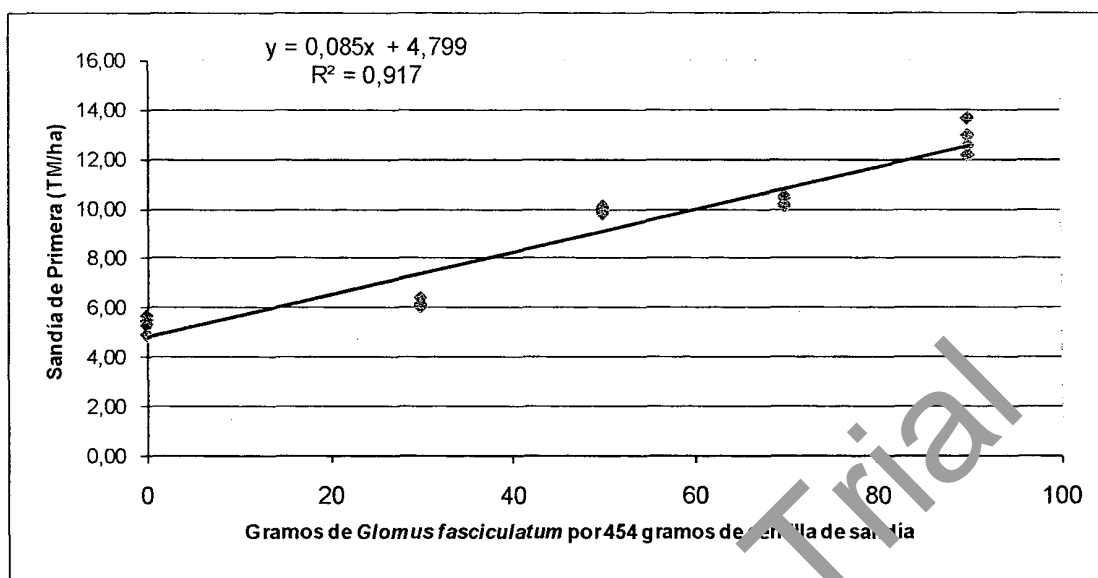
TM/ha (1<sup>o</sup>) = Toneladas métricas por hectárea de sandía de Primera Calidad

Gr = Gramos de *Glomus fasciculatum* inoculados por 454 gramos de semilla de sandía

r = coeficiente de determinación; C.V. = Coeficiente de variación en porcentaje



De acuerdo al ANDEVA se aprecia que el modelo de regresión lineal simple es válido puesto que la probabilidad mayor que F es menor a 0.05, con un coeficiente de determinación de 0.95.



**Figura 5. Regresión lineal simple entre la dosis del hongo micorrizogénico y el rendimiento de sandía de primera calidad.**

El modelo de regresión indica que por cada gramo del hongo micorrizogénico *Glomus fasciculatum* que se inocule a cada 454 gramos de sandía, se tendrá un incremento del rendimiento de 0.085 toneladas métricas (85 kg) de sandía con un diámetro entre 21 a 25 cm, que el mercado nacional la clasifica como de primera calidad. De acuerdo al modelo planteado, entre la tecnología actual de no aplicar el hongo micorrizogénico y aplicar la dosis máxima evaluada de 90 gramos, se obtiene una ganancia de 7.65 TM/ha; la ganancia real en el ensayo fue de 7.50 TM/ha.

De acuerdo a los resultados obtenidos es evidente que el hongo micorrizogénico *Glomus fasciculatum* inoculado en la semilla de sandía previo a la siembra actúa simbióticamente con ésta y le permite una mejor absorción de los nutrientes de tal forma que esta mejor asimilación de nutrientes se ve reflejada en el incremento en el rendimiento de frutos de sandía en toneladas métricas por hectárea.

## 7.2 RENDIMIENTO DE FRUTOS DE SEGUNDA (16-20 CM DE DIÁMETRO) EN TM/HA

Para la sandía entre 16 a 20 cm de diámetro, se presenta el resumen del ANDEVA del modelo de regresión en el Cuadro 7 y la gráfica de dicho modelo en la Figura 6.

Cuadro 7. Resumen del ANDEVA para el modelo de regresión lineal simple que explica el rendimiento de sandía de segunda calidad.

Fuentes de variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fcal	Pr > F
TM/ha ( $2^a$ ) = $0.028(Gr) + 9.158$	1	15.3507	15.3507	76.7002359	0.0001
Error	18	3.6025	0.20013889		
Total	19	18.9532			

$r = 0.90$       C.V. = 4.25 %

Donde:

TM/ha ( $2^a$ ) = Toneladas métricas por hectárea de sandía de Segunda Calidad

Gr = Gramos de *Glomus fasciculatum* inoculados por 454 gramos de semilla de sandía

r = coeficiente de determinación; C.V. = Coeficiente de variación en porcentaje

El modelo de regresión es válido pues según el ANDEVA la probabilidad mayor que F es menor a 0.05, con un coeficiente de determinación de 0.90.

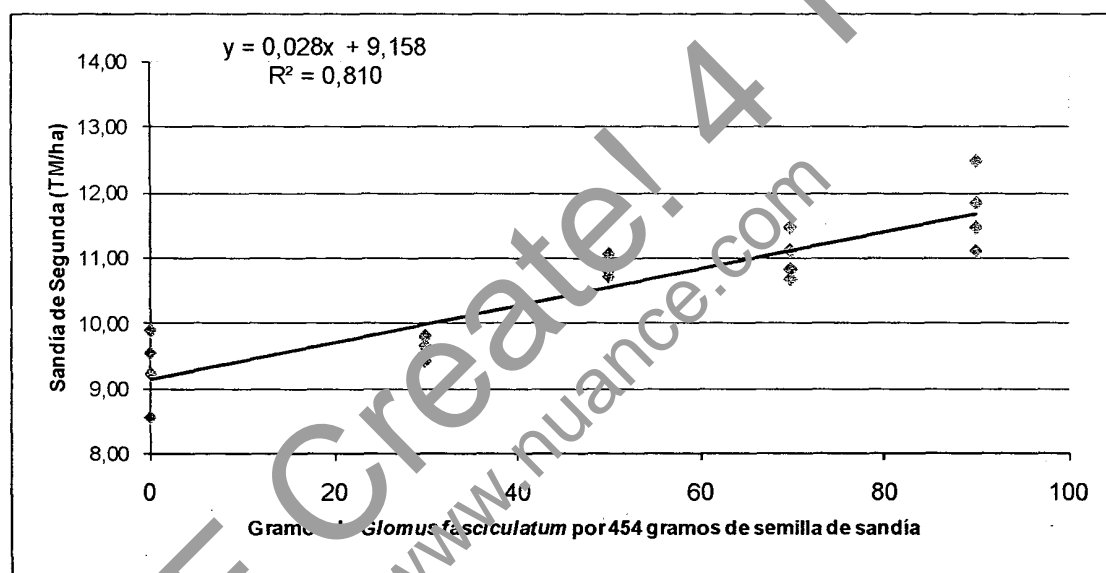


Figura 6. Regresión lineal simple entre la dosis del hongo micorrizogénico y el rendimiento de sandía de segunda calidad.

Para la sandía con diámetros entre 16 a 20 cm, clasificada en el mercado nacional como sandía de segunda calidad, se tiene que por cada gramo del hongo micorrizogénico inoculado a la semilla de sandía previo a la siembra se tendrá un incremento de 0.028 TM/ha (28 kg) de sandía de segunda calidad; de acuerdo al modelo entre no aplicar el hongo micorrizogénico y aplicar la dosis máxima se tiene un incremento de 2.52 TM/ha y de acuerdo a los datos de campo la diferencia fue de 2.42 TM/ha de sandía de segunda calidad.

Es preciso señalar que de acuerdo a los dos modelos analizados hasta el momento, el incremento de sandía entre 21 a 25 cm de diámetro (7.65 TM/ha) fue tres veces mayor, que el incremento en sandía con diámetros entre 16 a 20 cm (2.52 TM/ha) al pasar de no inocular las semillas a inocularlas con el hongo micorrizogénico a razón de 90 gramos de *Glomus fasciculatum* por cada 454 gramos de semilla de sandía, para ambos casos.

### 7.3 RENDIMIENTO DE FRUTOS DE TERCERA (12-15 CM DE DIÁMETRO) EN TM/HA

Para la sandía entre 12 a 15 cm de diámetro, se presenta el resumen del ANDEVA del modelo de regresión en el Cuadro 8.

**Cuadro 8. Resumen del ANDEVA para el modelo de regresión lineal simple que explica el rendimiento de sandía de tercera calidad.**

Fuentes de variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fcal	Pr > F
TM/ha ( $3^a$ ) = - 0.049 (Gr) + 11.260	1	48.5243	48.5243	63.5883895	0.0001
Error	18	13.7358	0.7631		
Total	19	62.2601			

$r = 0.88$	C.V. = 9.84 %
------------	---------------

Donde:

TM/ha ( $3^a$ ) = Toneladas métricas por hectárea de sandía de Tercera calidad

Gr = Gramos de *Glomus fasciculatum* inoculados por 454 gramos de semilla de sandía

r = coeficiente de determinación; C.V. = Coeficiente de variación en porcentaje

De acuerdo al resumen del ANDEVA, el modelo de regresión que explica la relación entre las toneladas métricas por hectárea de sandía con diámetros entre 12 a 15 cm según la dosis del hongo micorrizogénico aplicado, es válido, puesto que presenta una significancia menor a 0.05 y un coeficiente de determinación de 0.88.

Es importante notar que el signo negativo en el modelo matemático indica que la pendiente de la recta es negativa, es decir que a medida que se inocula la semilla de sandía con mayor cantidad de gramos del hongo micorrizogénico *Glomus fasciculatum*, el rendimiento de sandía de tercera calidad, expresado en toneladas métricas por hectárea será menor (Figura 7).

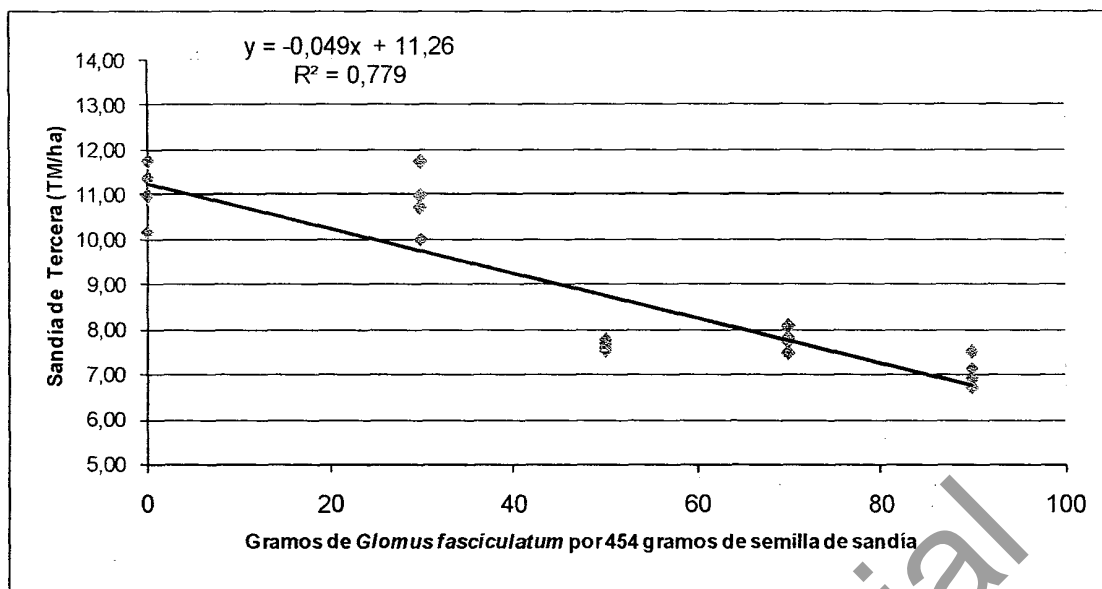


Figura 7. Regresión lineal simple entre la dosis del hongo micorrizogénico y el rendimiento de sandía de tercera calidad.

En la Figura 7, se aprecia claramente como a medida que se agrega más inóculo del hongo micorrizogénico *Glomus fasciculatum* a la semilla de sandía, el rendimiento disminuye en 0.049 TM/ha (49 kg) por cada gramo inoculado. Esto es contrario a lo que ocurrió en los frutos de sandía de primera y segunda. Es probable que la cantidad de frutos con diámetros entre 12 a 15 cm fuera menor, pues la acción del hongo micorrizogénico estimula a obtener frutos de mayor diámetro, con lo cual los frutos de tercera calidad han aumentado más en diámetro que se catalogan como frutos mayores de 16 cm de diámetro.

#### 7.4 RENDIMIENTO DE FRUTO TOTAL

Al considerar las tres calidades de sandía según el diámetro obtenido, se tiene el rendimiento total de sandía en toneladas métricas por hectárea, en el Cuadro 9, se presenta dicho rendimiento para el tratamiento testigo (sin aplicación del hongo micorrizogénico) y para el tratamiento 5, donde se inocularon 90 gramos del hongo micorrizogénico *Glomus fasciculatum* por cada 454 gramos de semilla de sandía previo a la siembra.

Cuadro 9. Rendimiento total de sandía en toneladas métricas por hectárea

Sandía según calidad diamétrica	Toneladas métricas por hectárea de sandía					
	Testigo (Sin <i>G. fasciculatum</i> )			90 g de <i>G. fasciculatum</i> /454 g semilla		
	Modelo	Ensayo	Diferencia	Modelo	Ensayo	Diferencia
Primera (21 a 25 cm diámetro)	4.799	5.33	0.53	12.449	12.83	0.38
Segunda (16 a 20 cm diámetro)	9.158	9.31	0.15	11.678	11.73	0.05
Tercera (12 a 15 cm diámetro)	11.26	11.05	-0.21	6.85	7.06	0.21
<b>Total</b>	<b>25.22</b>	<b>25.69</b>	<b>0.47</b>	<b>30.98</b>	<b>31.62</b>	<b>0.64</b>

El incremento total entre no aplicar el hongo micorrizogénico y aplicarlo en la dosis máxima evaluada, de acuerdo a los modelos de regresión lineal propuestos es de 5.76 TM/ha (30.98 – 25.22 TM/ha) y según los datos de campo del ensayo con que se generaron dichos modelos la diferencia entre estos mismos tratamientos fue de 5.93 TM/ha (31.62 – 25.69 TM/ha); lo cual genera una discrepancia mínima de 0.17 TM/ha entre los valores teóricos y los valores de campo.

Es obvio que la acción del hongo micorrizogénico *Glomus fasciculatum* favoreció, la producción comercial de sandía y como se logra visualizar en el Cuadro 5, no solamente se incrementó el rendimiento total de sandía, sino que dicho incremento se debió especialmente a obtener mayor cantidad de sandías de mayor diámetro como se aprecia mejor en la Figura 8.

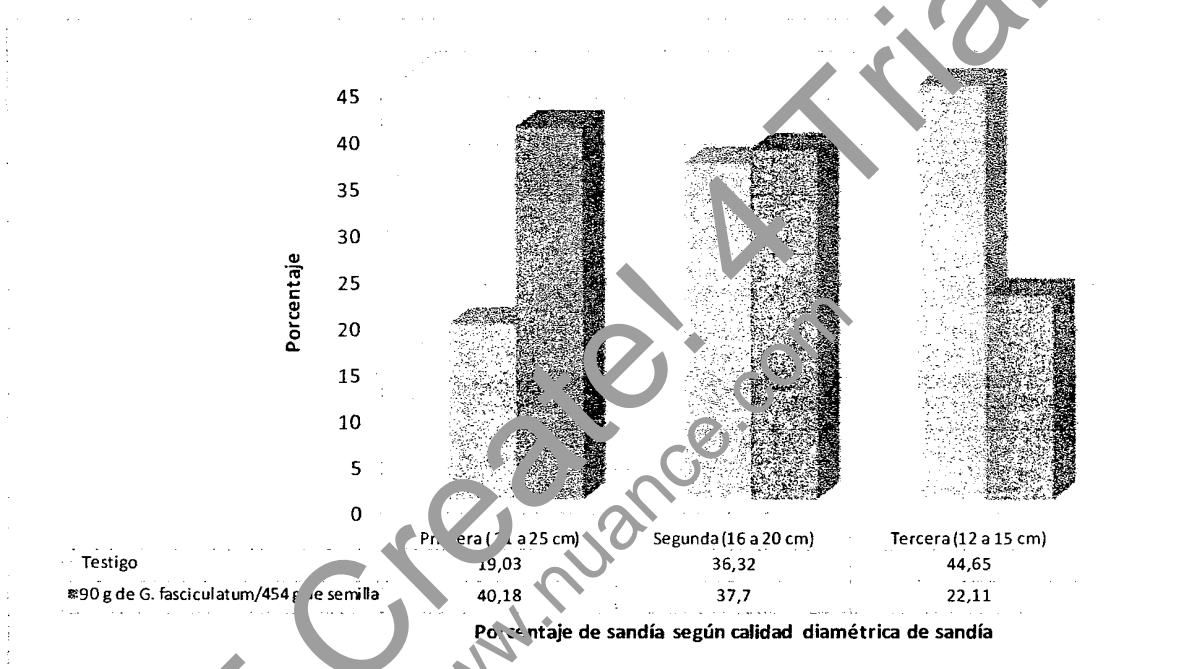


Figura 8. Porcentaje de sandía según la calidad diamétrica para el tratamiento testigo y el de dosis máxima del hongo micorrizogénico.

De acuerdo a la Figura 8, al aplicar la dosis máxima evaluada de 90 g del hongo micorrizogénico *Glomus fasciculatum* por cada 454 g de semilla sandía se tiene un 40 por ciento de sandía de primera calidad diamétrica (21 a 25 cm de diámetro), lo cual representa el doble del testigo; el porcentaje de sandía de segunda calidad es aproximadamente igual entre ambos tratamientos con un 36 a 37 por ciento y finalmente la sandía con menor diámetro entre 12 a 15 cm que corresponde a la clasificación comercial en campo nombrada de tercera calidad se tiene que donde se aplicó el hongo micorrizogénico se redujo a la mitad

respecto al tratamiento testigo. Esta información sugiere que el incremento en el rendimiento total se debe a la mayor proporción de sandía de primera calidad diamétrica.

## 7.5 ANÁLISIS ECONÓMICO

En el Cuadro 10, se presenta el análisis económico de rentabilidad de cada uno de los cinco tratamientos.

**Cuadro 10. Rentabilidad de cada uno de los cinco tratamientos evaluados.**

Tratamientos	C.F.	C.V.	C.T.	Ingreso bruto total	Ingreso neto	Rentabilidad
0 gr de <i>Glomus fasciculatum</i> por 0.454 kg de semilla de sandía	Q12,418.00	Q -	Q 12,418.00	Q 22,424.00	Q 10,006.00	80.58%
30 gr de <i>Glomus fasciculatum</i> por 0.454 kg de semilla de sandía	Q12,418.00	Q 5.00	Q 12,423.00	Q 23,632.00	Q 11,209.00	90.23%
50 gr de <i>Glomus fasciculatum</i> por 0.454 kg de semilla de sandía	Q12,418.00	Q 8.28	Q 12,426.28	Q 27,522.00	Q 15,135.72	121.80%
70 gr de <i>Glomus fasciculatum</i> por 0.454 kg de semilla de sandía	Q12,418.00	Q 11.71	Q 12,429.71	Q 28,234.00	Q 15,804.29	127.15%
90 gr de <i>Glomus fasciculatum</i> por 0.454 kg de semilla de sandía	Q12,418.00	Q 15.14	Q 12,433.14	Q 31,622.00	Q 19,192.86	154.37%

Como se aprecia en el Cuadro 9, la mayor rentabilidad en el cultivo de sandía se obtuvo al tratar la semilla previo a la siembra con *Glomus fasciculatum* a razón de 90 gramos por 454 gramos de semilla de sandía, obteniendo el 154.37 por ciento de rentabilidad, lo cual significa que por cada Q. 100.00 quetzales invertidos se obtienen los Q. 100.00 quetzales invertidos más Q. 154.37 de ganancia o ingreso neto.

## 8. CONCLUSIONES

- 8.1 La dosis de *Glomus fasciculatum* aplicada a la semilla de sandía previo a la siembra que incrementa significativamente el rendimiento es de 90 gramos de propágulos de *Glomus fasciculatum* por 454 gramos de semilla de sandía, ofreciendo un rendimiento de 31.62 toneladas métricas por hectárea.
- 8.2 Al aplicar el hongo micorrizogénico *Glomus fasciculatum* a la semilla de sandía previo a la siembra se incrementa la producción de frutos de primera con diámetros de 21 a 25 centímetros por fruto (a razón de 0.085 toneladas métricas por hectárea por gramo de propágulos del hongo) y frutos de segunda con diámetros de 16 a 20 centímetros (a razón 0.023 toneladas métricas por hectárea por gramo de propágulos del hongo), en tanto que la producción de frutos de tercera con diámetros entre 12 a 15 centímetros por fruto se reduce a razón de 0.049 toneladas métricas por hectárea por gramo de propágulos del hongo *Glomus fasciculatum*.
- 8.3 La mayor rentabilidad en la producción de sandía se obtiene al aplicar 90 gramos de propágulos del hongo micorrizogénico *Glomus fasciculatum* por 454 gramos de semilla de sandía, siendo ésta de 154.37 por ciento.

## 9. RECOMENDACIÓN

- 9.1 Para obtener el máximo rendimiento en el cultivo de sandía de 31.62 toneladas métricas por hectárea, con mayor proporción de frutos de primera (diámetros entre 21 a 25 centímetros), se recomienda aplicar por cada 454 gramos de semilla de sandía 90 gramos de propágulos del hongo micorrizogénico *Glomus fasciculatum*, que equivalen a 106 gramos del producto comercial EcoMic, ya que de ésta manera se aprovechan mejor los nutrientes del suelo lo cual se ve reflejado en el rendimiento.



## 10. BIBLIOGRAFÍA

1. Alarcón, A. 1997. Manejo de la micorriza arbuscular a nivel de vivero. *In* Congreso Nacional de Micología (6, 1997, MX); Jornadas Científicas (9, 1997, MX). Memorias. Tapachula, Chiapas, México. p. 49-52.
2. Augé, RM. 2000. Stomatal behaviour of arbuscular mycorrhizal plants. *In* Arbuscular mycorrhizas: physiology and function. Dordrecht, Boston, London, Kluwer Academic Publisher. p. 201-237.
3. Azcón, C; Barea, JM. 1997. Applying mycorrhiza biotechnology to horticulture significance and potentials. *Scientia Horticulturae* 68:1-24.
4. Bertsch-Hernández, F; Ramírez-Castrillo, FM. 1997. Curvas de absorción de nutrimentos en melón (*Cucumis melo*) Honey Dew y sandía (*Citrullus lanatus*) Crimsom Jewel (en línea). San José, Costa Rica, Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía y Centro de Investigaciones Agronómicas. Consultado 12 marzo 2006. Disponible en [www.ots.ac.cr/rdmcnfs/datasets/viewrec.phtml?ds=binabitrop&fn=/usr/local/www/ntdocs/rdmcnfs/datasets/binabitrop/data/18714.html&dn=18713&realds](http://www.ots.ac.cr/rdmcnfs/datasets/viewrec.phtml?ds=binabitrop&fn=/usr/local/www/ntdocs/rdmcnfs/datasets/binabitrop/data/18714.html&dn=18713&realds).
5. Cabrera, J; Hernández, A. 2002. Importancia de las micorrizas (en línea). Colombia. Consultado 12 marzo 2006. Disponible en [www.turipana.org.co/micorrizas.htm](http://www.turipana.org.co/micorrizas.htm).
6. Cerrato, R; Pérez Moreno, J. 1995. Agromicrobiología: elemento útil en la agricultura sustentable. Montecillo, México, Colegio de Postgraduados, Escuela Agrícola. 233 p.
7. Cruz, J. R. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala. Instituto Nacional Forestal. 22 p.
8. Fernández, F; Ortiz, R. 2002. Estudios realizados con micorrizas (en línea). Cuba, Ciencia y Tecnología 8(1):pi-pf. Consultado 12 marzo 2006. Disponible en [www.inca.edu.cu/otrasweb/revista/C12\(1\)1997internet.htm](http://www.inca.edu.cu/otrasweb/revista/C12(1)1997internet.htm).
9. Godínez R, MA; Ferrera-Cerrato, R; Cortés JJ; Domínguez, JI. 1986. Response of avocado (*Persea americana* Mill) to inoculation with endomycorrhiza V-A. *In* International simposium on microbial ecology (4, 1986, YG). Abstract. Ljubliana, Yugoslavia, s.e. p. 24-29.
10. IGN (Instituto Geográfico Nacional, GT). 1972. Atlas nacional de Guatemala. Guatemala. s.p.
11. Jaizme-Vega, MC; Azcon, R. 1995. Responses of some tropical and subtropical cultures to endomycorrhizal fungi. *Mycorrhiza* 5:213-217.
12. Kaya, C; Higgs, D; Kirnak, H; Tas, I. 2003. Mycorrhizal colonisation improves fruit yield and water use efficiency in watermelon (*Citrullus lanatus* Thunb.) grown under well-watered and water-stressed conditions. *Plant and Soil* 253:287-292.
13. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, GT). 1989. Cultivo de la sandía (*Citrullus lanatus* (Thunb) Matsum). Guatemala. 13 p.

14. Marx, D. 1982. El manejo de los hongos micorrizicos y la introducción de especies de árboles exóticos: documento básico. Estados Unidos de América, Departamento de Agricultura, Instituto para el Desarrollo y la Investigación Micorrizica. 50 p.
15. Matare, R; Hattingh, MJ. 1978. Effect of mycorrhizal status of avocado seedlings on root rot caused by *Phytophthora cinnamomi*. Plant and Soil 49:433-435.
16. Parlade Izquierdo, X. 1992. Técnicas de inoculación de abeto de Douglas (*Pseudotsuga menziensis* (Mirb) Franco) con hongos ectomicorrizicos y su aplicación en la reforestación. Tesis PhD. España, Universidad Autónoma de Barcelona, Facultad de Biología. 178 p.
17. Reche, F. 1998. El cultivo de la Sandía (en línea). España. Consultado 12 marzo 2006. Disponible en [www.infoagro.com/admentor/admentorredi/sandia1.htm](http://www.infoagro.com/admentor/admentorredi/sandia1.htm).
18. Reche, F. 1999. Control de plagas y enfermedades en Sandía (en línea). España. Consultado 12 marzo 2006. Disponible en [www.infoagro.com/admentor/admentorredi/sands/control13.htm](http://www.infoagro.com/admentor/admentorredi/sands/control13.htm).
19. Ruiz, J; Gómez, R. 2002. Biofertilizante EcoMic (en línea). España. Consultado 12 marzo 2006. Disponible en [www.surimpex.com.br/espanhol/biofertilizantes/micorrizas.php](http://www.surimpex.com.br/espanhol/biofertilizantes/micorrizas.php).
20. Simmons, CS; Tárano T, JM; Pinto Z, JH. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Trad. por Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José De Pineda Ibarra. p. 331-361.
21. Vidal, MT; Azcon-Aguilar, C; Barea, JM. 1992. Mycorrhizal inoculation enhances growth and development of micropropagated plants of avocado. Hortscience 27:785-787.



Dr. Rolando Barrios.

PDF Creator

www.infoagro.com



REF. Sem. 38/2007

LA TESIS TITULADA:

"EVALUACIÓN DE CINCO DOSIS DEL HONGO MICORRIZOGÉNICO (*Glomus fasciculatum*) SOBRE EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE SANDÍA (*Citrullus lanatus* (Thunb) Matsum) EN FINCA FLOR DE LAS PALMAS, GUAZACAPÁN, SANTA ROSA".

DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE:

JORGE ARTEMIO SOLARES RAMOS

CARNE:

9517401

HA SIDO EVALUADO POR LOS PROFESIONALES:

Ing. Agr. Ramiro López  
 Ing. Agr. Manuel Martínez  
 Ing. Agr. Gustavo Álvarez Valenzuela

Los Asesores y las Autoridades de la Facultad de Agronomía, hacen constar que ha cumplido con las Normas Universitarias y Reglamentos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Ing. Agr. Juan Alberto Herrera Ardón  
 ASESOR

Dr. Edin Francisco Chozco Mucarla  
 DIRECTOR DEL IIA

IMPRIMASE

Ing. Agr. Francisco Javier Vásquez Vásquez  
 DECANO



EFOM/nm  
 c.c. Archivo  
 IIA  
 Control Académico