



FACULTAD DE AGRONOMIA

Título: Evaluación de biofertilizantes como alternativa nutricional en cultivos hortícolas en bolsas y organopónico.



Tesis en opción al Título Académico de Master en Ciencias Agrícolas.

Autora: Ing. Dianela Ibáñez Madan.

Tutor: Dr. C. Ramón Liriano González.

MSc. Dania Bárbara Núñez Sosa.

**MATANZAS
2011**

PENSAMIENTO

*Y ustedes compañeros, hoy no tienen más que un deber:
El deber de estudiar, con ese deber están proclamando
todas las deudas que contraer con la sociedad, con esta
sociedad presente, y con todos los héroes que se
inmolaron para ser posible esta sociedad presente.*

CHE



NOTA DE ACEPTACIÓN

Presidente del Tribunal

Firma

Miembro del Tribunal

Firma

Evaluación

DECLARACIÓN DE AUTORIDAD.

Declaro que yo Dianela Ibáñez Madan soy la única autora de esta Tesis de Maestría y como tal, autorizo a la Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos” a hacer uso del mismo, con la finalidad que estime conveniente.

Firma: _____

Ing. Dianela Ibáñez Madan

DEDICATORIA

Le dedico este trabajo con todo el amor del mundo a mi hijo para que siempre se sienta orgulloso de mí y siga mis pasos, a mi abuela, mi madre y a todos los que me rodean que siempre estuvieron pendientes de mí.

AGRADECIMIENTOS

En la realización de esta tesis, intervinieron un gran número de personas de forma directa o indirectamente, a las cuales quisiera expresarles mis más sincero agradecimientos de todo corazón por el esfuerzo y el sacrificio realizado.

- A Mi Madre, mi abuela y mi hijo que siempre me dieron su apoyo en todo momento y siempre estuvieron al tanto de mis estudios.**
- A mis hermanas, mi tío, mi padrastro y mi esposo que siempre me ayudaron en todo y me dieron mucho aliento para que siguiera mis estudios.**
- A mis tutores por su dedicación, apoyo y esfuerzo realizado en la elaboración de dicha tesis, que gracias a ellos fue posible este momento.**
- A mis compañeras de trabajo, Ileana, Marvelys, Margarita ,Zoe ,Ana Julia, Marisol,Yordanis,Yudith y Yamilet que fueron incondicionales acompañándome, en los buenos y malos momentos de la realización de esta tesis.**
- En fin a todo el que de una forma u otra siempre me dieron su apoyo y ayuda para que fuera posible la realización de este trabajo.**
- A la revolución por haberme permitido llegar a formarme profesionalmente.**

OPINION DEL TUTOR

El trabajo titulado: Evaluación de biofertilizantes como alternativa nutricional en cultivos hortícolas en bolsas y organopónico, desarrollado por la Ing. Dianela Ibáñez Madan, es de gran importancia, ya que el uso de biofertilizantes en la agricultura urbana representa una alternativa para compensar el deficiente ingreso anual de materia orgánica en los canteros en relación a los niveles recomendados, lo que permite la estabilidad e incremento de la producción a través del tiempo y la oferta de hortalizas frescas a la población durante todo el año.

Durante el desarrollo del mismo la estudiante mostró una gran seriedad, dedicación, laboriosidad y responsabilidad, destacando por su independencia, profesionalidad y dominio de la temática estudiada. Este resultado tiene importancia y una repercusión ambiental favorable al no presentar efectos adversos sobre el entorno, con posibilidades de aplicación práctica en los organopónicos como principal modalidad productiva de la agricultura urbana dedicada a la producción de hortalizas.

La investigación posee rigor científico, se consultó un gran número de bibliografías relacionadas con el tema, con un buen grado de actualización y la misma responde a las tendencias actuales de una agricultura sostenible que conserva el medio ambiente y garantiza la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes y futuras. Se elaboró un artículo el cual se encuentra en proceso de arbitraje para su publicación en la Revista Ciencias Agrícolas de la Universidad Central de Las Villas.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos durante el desarrollo de la maestría, y la dedicación manifestada durante el proceso investigativo, ponemos a consideración de este prestigioso tribunal para que emita la evaluación que estime pertinente y a título personal le expreso mi respeto y felicitación por el trabajo realizado.

Dr. C. Ramón Liriano González

MSc Dania B. Nuñez Sosa.

RESUMEN

El presente trabajo se desarrolló con el objetivo de evaluar el efecto de la aplicación de productos biofertilizantes a base de Micorrizas y Microorganismos Eficientes (ME) en diferentes especies hortícolas en condiciones de bolsas y organopónico. Se realizaron tres experimentos, uno en el cultivo de la zanahoria, donde se estudiaron diferentes niveles de materia orgánica con la aplicación combinada de Micorrizas y (ME), los dos restantes en condiciones de organopónico, uno de ellos en remolacha en asociación con lechuga donde se evaluó la inoculación de Micorrizas y (ME) a 4 y 12 mL/m² y el otro en el cultivo de la zanahoria donde se estudio la inoculación simple y combinada de Micorrizas y (ME) a 4 mL/m². Se realizó la caracterización química de los componentes del sustrato de las bolsas, así como del sustrato de los canteros y una caracterización microbiología del inóculo estudiado, evaluando el rendimiento y sus componentes. El diseño experimental utilizado fue un Bloque al azar. Se determinó la factibilidad económica de la aplicación de productos biofertilizantes. Los datos obtenidos fueron procesados mediante un análisis de varianza doble y se compararon las medias mediante la prueba de comparación múltiple de Duncan, utilizando el paquete profesional estadístico STATISTIC, versión 6.0 para WINDOWS. Se manifestó una respuesta en cada una de las variables evaluadas en el cultivo de la zanahoria a la aplicación de biofertilizantes a base de *EcoMic*® y (ME) con bajos niveles de materia orgánica. En la asociación Lechuga-Remolacha se observó una respuesta positiva en los rendimientos de ambos cultivos con la inoculación simple de Micorrizas y (ME) a una dosis de 4 ml/m². La coinoculación de Micorrizas y (ME) mostró los mayores valores en el rendimiento y sus componentes en el cultivo de la zanahoria en condiciones de organopónico. El análisis de factibilidad económica de la aplicación de biofertilizantes, mostró resultados económicos favorables con la obtención de ganancia.

ÍNDICE

| Contenidos | Pág |
|--|-----------|
| 1.INTRODUCCIÓN | 1 |
| 2.PROBLEMA | 3 |
| 3.HIPÓTESIS | 4 |
| 4.OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 5 |
| 5.REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA | 6 |
| 5.1-Agricultura Urbana (AU). | 6 |
| 5.1.1. Definición. | 6 |
| 5.1.2. Agricultura Urbana (AU) en el Contexto Mundial. | 7 |
| 5.1.3. Agricultura Urbana (AU) en Cuba. | 8 |
| 5.2. La materia orgánica (MO). | 9 |
| 5.3. Microorganismos Eficientes (ME). | 11 |
| 5.3.1. Antecedentes. Definición. | 11 |
| 5.3.2. Mecanismo de acción. | 12 |
| 5.3.3. Principales Especies de Microorganismos contenidas en el ME. | 13 |
| 5.3.4. Efectos de los Microorganismos Eficientes. | 13 |
| 5.3.4.1. Semilleros. | 13 |
| 5.3.4.2. Plantas de cultivo. | 14 |
| 5.3.4.3. Suelos. | 14 |
| 5.4. Hongos Micorrizógenos Arbusculares. | 15 |
| 5.4.1. Caracterización, descripción y funcionamiento de los HMA. | 15 |
| 5.4.2. Principales ventajas o beneficios con el uso de los HMA. | 17 |
| 5.4.3. Beneficios en la nutrición de la planta. | 18 |
| 5.4.4. Beneficios en la protección del sistema radical contra organismos fitopatógenos. | 19 |
| 5.4.5. Biofertilizante micorrizógeno EcoMic® | 20 |
| 5.5. El cultivo de la lechuga (Lactuca sativa, L.). | 23 |
| 5.5.1. Importancia económica y alimenticia. | 23 |
| 5.5.2. Descripción morfológica. | 24 |

| | |
|---|-----------|
| 5.5.3. Requerimientos edafoclimáticos. | 24 |
| 5.5.4 .Fitotecnia. | 24 |
| 5.5.5. Cosecha y manipulación. | 25 |
| 5.6. El cultivo de zanahoria (Daucus carota, L.). | 25 |
| 5.6.1. Importancia económica y alimenticia. | 25 |
| 5.6.2. Descripción morfológica. | 26 |
| 5.6.3. Exigencias ecológicas. | 27 |
| 5.6.4. Fitotecnia. | 27 |
| 5.6.5. Cosecha, manipulación y rendimiento. | 28 |
| 5.7. Remolacha (Beta vulgaris L.) | 28 |
| 5.7.1. Importancia económica y alimenticia. | 28 |
| 5.7.2 .Descripción morfológica. | 28 |
| 5.7.3. Exigencias ecológicas. | 29 |
| 5.7.4. Fitotecnia. | 29 |
| 5.7.5. Cosecha, manipulación y rendimiento. | 30 |
| 6. MATERIALES Y MÉTODOS. | 31 |
| 6.1. Material de siembra utilizado. | 31 |
| 6.2. Caracterización Química. | 31 |
| 6.3. Caracterización del inóculo de Microorganismos Eficientes empleado. | 33 |
| 6.4. Determinación de la respuesta productiva del cultivo de la zanahoria a la aplicación de biofertilizantes con diferentes niveles de materia orgánica en condiciones de bolsas. | 33 |
| 6.5. Evaluación del rendimiento y sus componentes en diferentes especies hortícolas en condiciones de organopónico. | 36 |
| 6.5.1. Experimento I. Asociación Remolacha – Lechuga. | 36 |
| 6.5.2. Experimento II. Zanahoria. | 37 |
| 6.5.3. Programas estadísticos y análisis empleados. | 38 |
| 6.5.4. Efectividad económica de la aplicación de productos biofertilizantes. | 39 |

| | |
|---|-----------|
| 7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN. | 41 |
| 7.1. Determinación de la respuesta productiva del cultivo de la zanahoria a la aplicación de biofertilizantes con diferentes niveles de materia orgánica en condiciones de bolsas. | 41 |
| 7.2. Evaluación del rendimiento y sus componentes en diferentes especies hortícolas en condiciones de organopónico. | 45 |
| 7.2.1. Experimento I: Remolacha (<i>Beta vulgaris</i> L), variedad Crosby, en asociación con el cultivo de la lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L), variedad Black Seeded Simpson (BSS). | 45 |
| 7.2.2. Experimento II. Zanahoria (<i>Daucus carota</i> L), variedad New Kuroda. | 49 |
| 7.3. Efectividad económica de la aplicación de productos biofertilizantes. | 51 |
| 7.3.1. Determinación de la efectividad económica de la aplicación de biofertilizantes con diferentes niveles de materia orgánica en condiciones de bolsas en el cultivo de la zanahoria. | 51 |
| 7.3.2. Evaluación de la efectividad económica de la aplicación de productos biofertilizantes en diferentes especies hortícolas en condiciones de organopónico. | 52 |
| 7.3.2.1. Experimento I: Remolacha (<i>Beta vulgaris</i> L), variedad Crosby, en asociación con el cultivo de la lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L), variedad Black Seeded Simpson (BSS). | 52 |
| 7.3.2.2. Experimento II. Zanahoria (<i>Daucus carota</i> L), variedad New Kuroda. | 53 |
| 8. CONCLUSIONES. | 55 |
| 9. RECOMENDACIONES. | 56 |
| 10. BIBLIOGRAFÍA. | 57 |
| ANEXOS. | 66 |

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años en Cuba se ha venido trabajando en la obtención y la evaluación de productos biofertilizantes de forma tal que es el desvelo de muchos investigadores, no solo por sus capacidades, sino también por la variedad de cultivos en los que son utilizados unido al impacto ambiental que tienen estos productos totalmente naturales.

En el suelo existe una notable población microbiana según Medina (2006), dentro de los que se encuentran los microorganismos beneficiosos caracterizados por realizar funciones como la fijación de nitrógeno atmosférico, que ha recibido considerable atención por la capacidad de estos de formar una estrecha relación con numerosas especies de plantas, ya que los mismos en asociaciones con los vegetales promueven el crecimiento y rendimiento de los cultivos, un ejemplo de ello lo tenemos en los hongos *Micorrizógenos Arbusculares* que son capaces de establecer una relación simbiótica con las raíces de las plantas aportándoles grandes beneficios, ya que actúa como un activador de la regeneración del sistema vegetativo y una de sus principales ventajas es el incremento en los procesos microbianos, consumen escasas energías no renovables y producen sustancias activas estimuladoras del crecimiento.

La utilización de productos biológicos en la actualidad, ha adquirido una gran importancia por los campesinos agroecológicos, como complemento de las actividades agrícolas, resultando fundamental ampliar el conocimiento que se tiene hasta el momento y establecer las vías más idóneas para lograr efectividad en su aplicación.

El uso de los Microorganismos Eficientes (ME), en los sistemas productivos es una alternativa viable y sumamente importante para lograr un desarrollo agrícola ecológicamente sostenible, lo cual permite una producción a bajo costo, no contamina el ambiente y mantiene la conservación del suelo desde el punto de vista de fertilidad y biodiversidad, uno de los mecanismos más valiosos que puede utilizar la agricultura ecológica.

Teóricamente este producto se encuentra conformado esencialmente por tres diferentes tipos de organismos: levaduras, bacterias ácido lácticas y fotosintéticas. Inicialmente fue desarrollado para el mejoramiento de suelos y el tratamiento de residuos agropecuarios, constituyendo a corto y mediano plazo una alternativa para el mantenimiento e incremento de la fertilidad en las diferentes modalidades productivas de la Agricultura Urbana.

En todas las regiones del mundo la agricultura urbana y periurbana provee de grandes cantidades de alimentos a los mercados de las ciudades, una parte de las cuales entra a los canales formales de comercialización mientras que otra parte es intercambiable, regulada o consumida por los productores. Bajo ciertas condiciones y entre grupos específicos, esta producción es muy importante para alcanzar la seguridad alimentaria. (FAO, 2007).

Barreras (2008), afirma que la Agricultura Urbana es “tabla salvadora en un océano tormentoso”, al destacar que los expertos aseguran su multifuncionalidad, que le permite influir de manera directa en la seguridad alimentaria, generar ingresos financieros complementarios, contribuyendo al mejoramiento de la gestión ambientalista.

El desarrollo de una agricultura sostenible a nivel mundial y en Cuba, así como el empleo de tecnologías que respondan a este principio, evidencia la necesidad de realizar investigaciones que permitan validar el efecto benéfico de diferentes productos de origen natural entre los cuales se encuentran los biofertilizantes y Microorganismos Eficientes.

2. PROBLEMA.

La Agricultura Urbana (AU), incrementa las áreas para producciones hortícolas en condiciones de organopónico, existiendo limitaciones con el ingreso anual de materia orgánica con relación a los niveles recomendados en los canteros, disminuyendo la fertilidad de los sustratos y los rendimientos de los cultivos.

3. HIPÓTESIS

La aplicación de biofertilizantes en cultivos hortícolas en áreas de organopónico con deficientes incorporaciones anuales de materia orgánica, pudiera bioestimular el crecimiento vegetal del cultivo, como una vía para contrarrestar la reducción de los rendimientos agrícolas.

4. OBJETIVOS.

Objetivo General.

Evaluar el efecto de la aplicación de productos biofertilizantes a base de Micorrizas (*Glomus fasciculatum*) y Microorganismos Eficientes (ME) en diferentes especies hortícolas en condiciones de bolsas y organopónico.

Objetivos Específicos.

1. Determinar la respuesta productiva del cultivo de la zanahoria a la aplicación de biofertilizantes a base de Micorrizas y Microorganismos Eficientes con diferentes niveles de materia orgánica en condiciones de bolsas.
2. Evaluar el comportamiento del rendimiento y sus componentes a la aplicación de biofertilizantes a base de Micorrizas y Microorganismos Eficientes en diferentes especies hortícolas, en canteros organopónicos.
3. Determinar la efectividad económica de la aplicación de biofertilizantes en condiciones de bolsa y organopónicos.

5. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

5.1. Agricultura Urbana (AU).

5.1.1. Definición.

Las ciudades han crecido y siguen creciendo en todo el mundo, en el 2000, cerca de dos mil millones de personas vivían en las mismas; en el 2005, más de la mitad de la población mundial y para el 2030 esta cifra se habrá duplicado (FAO, 2005); aunque la mayor parte de los alimentos se siguen produciendo en zonas rurales y recorren grandes distancias hasta los mercados urbanos, la producción agrícola en las ciudades y en torno a ellas está aumentando.

Según el Grupo Nacional de Agricultura Urbana (GNAU), del Ministerio de la Agricultura (2001), define la Agricultura Urbana como: "la producción de alimentos dentro del perímetro urbano aplicando métodos intensivos, teniendo en cuenta la relación hombre - cultivo - animal - medio ambiente y las facilidades de la infraestructura urbanística que propician la estabilidad de la fuerza de trabajo y la producción diversificada de cultivos y animales durante todo el año, basándose en prácticas sostenibles que permiten el reciclaje de los desechos".

El Programa Nacional para el Desarrollo (PND), define la (AU) como la actividad que produce, procesa y comercializa alimentos y otros productos, en suelo y en agua, en áreas urbanas y periurbanas, aplicando métodos de producción intensiva y utilizando y reciclando recursos naturales y de desecho, para producir diversidad de cultivos y ganado, citado por (Figueroa e Izquierdo, 2002).

Está caracterizada por un alto nivel de variedad y diversidad, por ser una agricultura más orgánica y por la presencia de nuevos agricultores (Pino, 2003) así como otros que poseen un conocimiento histórico o tradicional.

Según Mougeot (2000), la (AU) puede ser descrita como el cultivo, el procesamiento y la distribución, con fines alimentarios y no alimentarios, de plantas y árboles y la cría de

ganado, tanto dentro como en la periferia de un área urbana, dirigidos al mercado urbano.

La Agricultura Urbana es una manera de asegurar ingresos y por lo tanto tiene un rol importante en la planificación urbana, también convierte terrenos ociosos en espacios verdes y las zonas y cinturones verdes son importantes para las autoridades de la ciudad (Cissé et al., 2005).

Uribe (2005), define la (AU), como una práctica agrícola y pecuaria en las ciudades, considerada como un sistema integral de manejo armónico y sustentable de los recursos contenidos en el medio construido, naturaleza transformada y en la población existente en la ciudad, en su área de influencia inmediata que puede ser de un pueblo, una ciudad y una metrópoli, generalmente en barrios marginados de dichos lugares.

5.1.2. Agricultura Urbana (AU) en el Contexto Mundial.

Según Brockerhaff (2005), en América Latina la mayoría de los alimentos consumidos en las ciudades debe ser comprados; las familias gastan entre el 60 y 80% de sus ingresos y todavía experimentan inseguridad alimentaria. La (AU) proporciona aproximadamente el 15 % de todos los alimentos consumidos en las zonas urbanas y es probable que este porcentaje se duplique en las próximas dos décadas. Las ciudades con unos sectores agrícolas urbanos más avanzados, sobre todo en Asia, han pasado a autoabastecerse de alimentos frescos altamente valorados y nutritivos.

Se ha informado que la (AU) aporta el 30 % de las hortalizas consumidas en Katmandú, Nepal; el 45 % en Hong Kong, China; el 50 % en Karachi, Paquistán y el 85 % en Shangai, China; en América del Norte la producción es del 25 %, según (FAO, 1996).

El (PND) estima en unos 800 millones las personas relacionadas con la (AU) a nivel mundial, de las cuales unos 200 son productores comerciales que dan trabajo a 150 millones de personas a jornada completa y la mayor parte se encuentra en ciudades asiáticas. Esta proporciona una herramienta barata, sencilla y flexible para utilizar los espacios urbanos vacíos de forma productiva, ya que trata y recicla los desechos

sólidos y líquidos, genera empleo e ingresos, añade valor a los productos, gestiona los recursos de agua dulce con más moderación y resuelve los aspectos relacionados con el uso de la tierra urbana y periurbana (MINAGRI, 2003).

5.1.3. Agricultura Urbana (AU) en Cuba.

Una experiencia trascendente en lo que respecta a (AU) es la que se ha desarrollado en Cuba. Luego de la gran crisis generada por el fin de la ayuda soviética, la (AU) en este país tuvo una notable expansión en la década del 90 y fue una importante palanca para lograr el autoabastecimiento alimentario y mejorar el nivel de vida de la población (Companioni et al., 2001), convirtiéndose nuestro país en un ejemplo de desarrollo de la misma, en tal sentido Rodríguez Nodals (2008), cita entre los factores que han influido en este desarrollo: la necesidad de contribuir a la seguridad alimentaria de la población en armonía con la naturaleza y la sociedad; a que las tres cuartas parte de la población de Cuba se localiza en zonas Urbanas y Peri urbanas; así como la capacidad institucional para el diseño y montaje de tecnología alternativas para la producción de alimentos entre otras.

Según Barreras (2008), la Agricultura Urbana está considerada por los expertos como una herramienta concreta para favorecer la seguridad alimentaria y la nutrición.

Actualmente, cerca del 76 % de los habitantes de la Isla radican en ciudades y poblados, mientras el fomento de la AU ha crecido año tras año de tal forma que ya en 2004 y 2005 se cosecharon por esta vía más de cuatro millones de toneladas de productos agrícolas (Bosch, 2006).

La sencillez en la explotación de estas unidades y el incremento de los rendimientos a medida que se fue perfeccionando la tecnología, permitió un desarrollo tal de la actividad, que en poco tiempo se convirtió en un verdadero movimiento popular, según López (2000).

A partir de la voluntad política del Estado cubano de mejorar la calidad de la alimentación de toda la población cubana y alcanzar el consumo de no menos de 300 g

diarios per cápita de frutas y hortalizas frescas a precios accesibles para la población, según las recomendaciones de la FAO, se decidió establecer el Programa Nacional para la Agricultura Urbana (PNAU), liderado por el INIFAT (MINAGRI, 2003), que formó un Grupo Nacional integrado por investigadores, profesionales y técnicos de alto nivel de diferentes instituciones, a través del cual se canalizaron considerables recursos para apoyar la producción de alimentos en las ciudades y pueblos más pequeños.

Una de las principales modalidades productivas dentro de la (AU) para la producción de hortalizas son los organopónicos cuyos ingresos anuales de materia orgánica se ven limitadas por la disponibilidad de la misma. Actualmente existen 10 mil 493 unidades de organopónicos a cielo abierto, semiprotegidos y huertos intensivos que abarcan nueve mil 473 hectáreas (Rodríguez, 2010).

Según Companioni (2003), la producción de hortalizas y condimentos frescos en organopónicos y huertos intensivos crece cada año. Reportándose 4,3 millones de toneladas de hortalizas y condimentos frescos en el año 2010 cifra superior a la alcanzada en años anteriores (Rodríguez, 2010).

5.2. La materia orgánica

La materia orgánica del suelo representa un sistema complejo de sustancias cuya dinámica es gobernada por el aporte de residuos orgánicos de diversa naturaleza y por la transformación continua a través de factores biológicos, químicos y físicos.

Según Nigoul (2005), el suelo es un complejo sistema multicomponente de materias interactuantes, y las propiedades del suelo resultan del efecto neto de todas estas interacciones.

La materia orgánica se relaciona con la mayoría de los procesos, por no decir con todos, que ocurren en el suelo. Siendo además, un indicador clave e integrador que refleja su salud (Lorenzatti, 2005).

La materia orgánica solo se genera dentro del suelo mismo mediante complejos procesos bioquímicos (humificación), controlados principalmente por humedad, temperatura y requiere de microorganismos que contribuyen a su descomposición. La diversidad y cantidad de microorganismos se ve afectada por el manejo físico que el agricultor realice, tipo de cultivo, controles fitosanitarios, manejo de residuos de cosecha y prácticas culturales y de fertilización (Anónimo, 2007).

El uso de materia orgánica se ha convertido en la base para el desarrollo de la agricultura orgánica. Sin embargo, es un error considerar que la agricultura orgánica es simplemente “no usar productos sintéticos”. La agricultura orgánica debe considerar dos aspectos esenciales, la diversidad estructural y de procesos, y el manejo ecológico del suelo y su nutrición (Brenes, 2003).

La materia orgánica o componente orgánico del suelo agrupa varios compuestos que varían en proporción y estado e incluye:

- Materia orgánica no transformada: representada por la biomasa vegetal, animal y microbiana en estado fresco.
- Materia orgánica semitransformada: compuesta por restos orgánicos en proceso de transformación, poco parecidos al material original.
- Materia orgánica transformada: dentro de la cual está el humus en sentido estricto que se encuentra ligado a la parte mineral formando los complejos arcillo-húmicos.

Un suelo fértil tiene que poseer necesariamente un adecuado contenido de materia orgánica, el que oscila entre el 2 y 6 % para los suelos de las regiones tropicales, según Martínez et al., (2002), los cuales aseguran que la influencia favorable de la materia orgánica y en especial del humus en los suelos ha sido reconocida desde la antigüedad.

5.3. Microorganismos Eficientes

5.3.1. Antecedentes. Definición.

Tradicionalmente en la agricultura moderna se han utilizado grandes cantidades de químicos y fertilizantes, que aunque permiten el desarrollo y la producción de las plantaciones, son elementos perjudiciales a la salud del hombre y al medio ambiente. A partir de esta problemática comienzan las investigaciones de alternativas sostenibles para incrementar la producción vegetal y animal en armonía con el ambiente; de esta manera llegan los microorganismos.

El Dr. Teruo Higa, profesor de Horticultura en la Escuela de Agricultura de la Universidad del Ryukyus en Okinawa, Japón, es conocido como el padre de la tecnología de Microorganismos Eficientes por su descubrimiento y desarrollo. Este destacado profesor y científico planteó que “los ME deben ayudar a crear una sociedad que permita que todos vivamos y dejemos vivir”, convencido que la competencia no debe obstruir el uso más amplio de esta tecnología, la cuál contribuye a elevar la calidad de vida de los hombres, de las plantas y los animales en general.

En la década del 80, este importante científico introdujo el concepto de los Microorganismos Efectivos (ME) al Sistema de Agricultura Natural Kyusei, así, un grupo de microorganismos benéficos eran cultivados y utilizados como medio para mejorar las condiciones de los suelos, suprimiendo los microorganismos productores de enfermedades, y aumentando la eficiencia de la utilización de la materia orgánica por parte de los cultivos.

Su gama de usos desde 1982, se ha ampliado en el ganado y la acuicultura así como en áreas de la salud de la comunidad y otros usos ambientales. Hoy, el ME ha llegado a ser muy popular y se utiliza en mas de 100 países (Pilates, 2008).

Los microorganismos efectivos o ME son una cultura mixta de microorganismos benéficos que pueden aplicarse como inoculante para incrementar la diversidad microbiana de los suelos. (Anónimo, 2003).

Las investigaciones realizadas han demostrado que la inoculación con los microorganismos contenidos en el ME al ecosistema constituido por el suelo y las plantas puede mejorar la calidad y la salud de los suelos, y el crecimiento, rendimiento y calidad de los cultivos. ME contiene especies seleccionadas de microorganismos incluyendo poblaciones predominantes de bacterias ácido lácticas, levaduras y en menor número bacterias fotosintéticas, actinomicetes y otros tipos de organismos, todos ellos mutuamente compatibles unos con otros y coexistiendo en una cultura líquida (Madera et al., 2009).

ME no es un sustituto de otras prácticas, es, en cambio una dimensión agregada para optimizar nuestras mejores prácticas de manejo de suelos y cultivos, el uso de enmiendas orgánicas, el reciclado de los desechos de los cultivos, y el biocontrol de plagas. ME puede aumentar significativamente los efectos benéficos de éstas prácticas (Higa, 1993). Se compone de culturas mixtas benéficas y que existen naturalmente en la naturaleza, que pueden aplicarse como inoculantes para incrementar la diversidad microbiana en plantas y suelos (Higa, 1994).

5.3.2. Mecanismo de acción.

Los ME son una combinación de varios microorganismos naturales benéficos, es decir cultivos mixtos, los que contienen microorganismos benéficos de tres géneros principales: bacterias fototróficas, bacterias del ácido láctico y levaduras. Estos microorganismos eficientes secretan sustancias benéficas tales como vitaminas, ácidos orgánicos, minerales y antioxidantes, cuando entran en contacto con la materia orgánica; dichas acciones convierten esta tecnología en segura, eficaz y ambientalmente aplicable, de fácil acceso a los granjeros que viven en los países en vías de desarrollo, es decir sustentable y sostenible.

De igual forma, en su mecanismo de acción el factor determinante es la emisión ácida que proporcionan los microorganismos para protegerse contra el oxígeno, pues en el proceso de la fermentación producen estos ácidos con varios efectos tales como:

prevenir la descomposición, deterioro o corrosión de la oxidación, y crear un ambiente adecuado para los seres vivos (Higa, 1993).

Los ME actúan de manera que toman sustancias generadoras por otros organismos basando en ello su funcionamiento y desarrollo. Las raíces de las plantas secretan sustancias que son utilizadas por estos para crecer, sintetizando aminoácidos, ácidos nucleicos, vitaminas, hormonas y otras sustancias bioactivas.

5.3.3. Principales Especies de Microorganismos contenidas en el ME.

Las principales especies de microorganismos contenidas en el ME, reportadas son las siguientes:

- Bacterias Fotosintéticas
- Acido Lácticas
- Levaduras
- Actinomicetos
- Hongos de Fermentación

Según Shuichi (2009), cada una de las especies contenidas en el ME (Bacterias fotosintéticas, acido lácticas, levaduras, actinomicetos y hongos de fermentación) tiene su propia e importante función. Sin embargo podríamos decir que la bacteria fotosintética es el pivót de la tecnología EM, pues soportan las actividades de los otros microorganismos. Por otro lado utilizan para sí mismas varias sustancias producidas por otros microorganismos.

5.3.4. Efectos de los Microorganismos Eficientes.

5.3.4.1. Semilleros

1. Aumento de la velocidad y porcentaje de germinación de las semillas, por su efecto hormonal, similar al del ácido giberélico.
2. Aumento del vigor y crecimiento del tallo y raíces, desde la germinación hasta la emergencia de las plántulas, por su efecto como rizo bacterias promotoras del crecimiento vegetal.

3. Incremento de las probabilidades de supervivencia de las plántulas.
4. Asegura una mejor germinación y desarrollo de las plantas.

5.3.4.2. Plantas de cultivo.

1. Promueve la germinación, la floración, el desarrollo de los frutos y la reproducción de las plantas.
2. Aumenta la capacidad fotosintética de los cultivos.
3. Genera un mecanismo de supresión de insectos y enfermedades en las plantas, ya que pueden inducir la resistencia sistémica de los cultivos a enfermedades.
4. Consume los exudados de raíces, hojas, flores y frutos, evitando la propagación de organismos patógenos y desarrollo de enfermedades.
5. Incrementa el crecimiento, calidad y productividad de los cultivos.
6. Promueven la floración, fructificación y maduración por sus efectos hormonales y en zonas meristemáticas.

5.3.4.3. Suelos

1. Efectos en las condiciones físicas del suelo: mejora la estructura y agregación de las partículas del suelo, reduce su compactación, incrementa los espacios porosos y mejora la infiltración del agua. De esta manera se disminuye la frecuencia de riego, tornando los suelos capaces de absorber 24 veces más las aguas lluvias, evitando la erosión. por el arrastre de las partículas.
2. Efectos en la microbiología del suelo: suprime o controla las poblaciones de microorganismos patógenos que se desarrollan en el suelo por competencia e incrementa la biodiversidad microbiana, generando las condiciones necesarias para que los microorganismos benéficos nativos prosperen (Vidal, 2005). Cuando los ME se desarrollan como una comunidad dentro del suelo, también ocurre lo mismo con los microorganismos nativos de esos suelos. Por tal razón la microflora se enriquece y el ecosistema microbiano comienza a equilibrarse mientras disminuye el porcentaje de patógenos. Así las enfermedades producidas por los suelos se suprimen mediante el proceso conocido como “competencia exclusiva”. Las raíces de las plantas producen también sustancias útiles como carbohidratos, aminoácidos,

ácidos orgánicos y enzimas. Los microorganismos eficientes utilizan este sustrato para desarrollarse. Durante este proceso ellos segregan también sustancias y proveen aminoácidos, ácidos nucleicos, y una gran cantidad de vitaminas y hormonas a las plantas. Por esta razón en estos suelos los microorganismos eficientes y otras bacterias benéficas coexisten a nivel de la Rizosfera (área de las raíces) en un estado de simbiosis con las plantas.

3. Los EM, como inoculante microbiano, reestablecen el equilibrio microbiológico del suelo, mejorando sus condiciones físico-químicas, incrementando la producción de cultivos y su protección; además conserva los recursos naturales, generando una agricultura sostenible
4. Incrementa la eficacia de la materia orgánica como fertilizante.

Según Copo (2004), la tecnología eficaz de los microorganismos eficientes (ME) se ha convertido en una ciencia importante, asistiendo a la creación de las prácticas sostenibles para la agricultura, la agricultura animal, naturaleza que cultivaba, administración ambiental, construcción, salud e higiene humana, las actividades industriales, de la comunidad y más.

5.4. Hongos Micorrizógenos Arbusculares.

5.4.1. Caracterización, descripción y funcionamiento de los HMA.

Según Siqueira y Franco (1988), la definición más moderna del término Micorrizas es “Simbiosis endofítica, biotrófica y mutualista prevaleciente en la mayoría de las plantas vasculares nativas y cultivadas; caracterizadas por el contacto íntimo y la perfecta integración morfológica entre el hongo y la planta para la regulación de funciones y el intercambio de metabolitos, con beneficios mutuos”.

Las Micorrizas se agrupan sobre la base de la anatomía de las raíces que colonizan en: Ectomicorrizas, Ectendomicorrizas y Endomicorrizas

Ectomicorrizas: Su característica es la penetración de las hifas del hongo entre las células de la corteza radicular formando un manto fúngico o “red de Harting”. Provoca

cambios anatómicos que producen el crecimiento dicotómico de las raíces, fragmentando las mismas. Se pueden visualizar macroscópicamente.

Ectendomicorrizas: Presentan características intermedias entre las Ectomicorrizas y las Endomicorrizas, su distribución es restringida.

Endomicorrizas: Se caracterizan por penetrar en el interior de las células corticales, pero no atraviesan la membrana protoplasmática; no forman manto ni modificaciones morfológicas evidentes en las raíces y son difícilmente apreciables a simple vista. Este grupo incluye los Hongos Micorrizógenos Arbusculares (HMA) que constituyen la simbiosis más extendida sobre el planeta.

En Cuba las investigaciones comenzaron en 1973 y se han realizado prospecciones y ubicaciones taxonómicas de varias cepas de HMA en diferentes zonas del país, con el objetivo de reproducirlas. Dentro de las principales cepas aisladas se encuentran IES-3. *Glomus spurgum*, IES-4. *Glomus agregatum*, IES-5. *Glomus mosseae* e IES-7. *Glomus etunicatum*, todas prospectadas en Topes de Collantes; también la IES-6. *Glomus etunicatum* de Pinar del Río. Estas cepas han resultado ser eficientes en varios cultivos y están registradas en el cepario del Instituto de Ecología y Sistemática (Furrazola et al., 1992).

Se han desarrollado diferentes productos comerciales en Cuba y en el extranjero, basados en los HMA (*MicoFert*®, *EcoMic*®, BIOCAS y MANIHOTINA), utilizándose con éxito en diferentes cultivos como: posturas de cafetos, cítricos y frutales, adaptación de vitroplantas, semilleros de hortalizas, leguminosas, raíces y tubérculos, entre otros (Siqueira y Franco, 1988; IES, 1995; INCA, 1998).

Sánchez et al., (2000), han señalado que los HMA no se desarrollan en medio de cultivo artificial y que el mismo tiene que ser en presencia de una planta hospedera, debido a la ausencia de síntesis propia de ácido desoxirribo nucleico.

Para el funcionamiento de los HMA, las hifas que recorren el suelo, procedentes de esporas o de otros propágulos, se ponen en contacto con las raicillas y forman la

estructura conocida como “apresorio” sobre las células epidérmicas de la región posterior a la meristemática. A partir de este cuerpo las hifas penetran en la epidermis de la raíz, colonizando la región cortical y pasando a las capas más internas de la corteza sin llegar a atravesar la endodermis ni penetrar en el meristemo radical.

El hongo en el interior de la raíz avanza tanto en la dirección del crecimiento de la misma, como hacia las capas más internas de la corteza y cuando se encuentra cerca de la endodermis, comienza la formación de los “arbúsculos” en el interior de las células corticales más internas, pero sin penetrar en la membrana protoplasmática (Siqueira y Franco, 1988).

Los arbúsculos tienen la función fundamental de realizar los intercambios entre la planta y el simbionte; por su parte el micelio externo o extramátrico del hongo forma una red bien distribuida en el suelo, en busca de nutrimentos y agua, debido a la explotación de sitios inasequibles para las raíces de plantas no micorrizadas; lo que representa la posibilidad de explorar un volumen de suelo hasta 40 veces mayor en las plantas micorrizadas.

5.4.2. Principales ventajas o beneficios con el uso de los HMA.

Dentro de los principales beneficios que brindan los HMA se encuentran los siguientes (Ruiz, 2001 y Ruiz et al., 2006):

1. Incrementan el crecimiento y rendimiento de las plantas.
2. Aumentan el aprovechamiento de los fertilizantes y los nutrientes del suelo.
3. Disminuyen el costo por concepto de aplicación de fertilizantes minerales.
4. No degradan y mejoran la estructura de los suelos.
5. Incrementan los procesos microbianos y las plantas se benefician en breve tiempo.
6. Consumen escasa energía no renovable.
7. Son productos "limpios" que no contaminan el medio ambiente.

5.4.3. Beneficios en la nutrición de la planta.

Son varios los autores que han indicado el aporte realizado por los HMA en la nutrición de la planta, cuando se logra una eficiente simbiosis hongo-raíz. Safir (1980) y Primavesi (1990), han señalado que los HMA en condiciones favorables, aumentan la capacidad de la planta de movilizar y absorber P, N, K, S, Ca, Fe, Cu y Zn, además de defender el espacio radical con las excreciones de antibióticos. Lo anterior permite plantear que una de las vías principales del efecto agrobiológico de la micorrización es el mejoramiento de la absorción de nutrientes y que los HMA disminuyen los índices críticos de los mismos, tanto en el suelo como en la planta (Siqueira y Franco, 1988).

Por su parte Ferrer y Herrera (1991), indicaron que la utilización de los HMA en los cultivos no implica que se deje de fertilizar, sino que la fertilización se hace más eficiente y se puede disminuir la dosis entre el 50 y 80 %.

También se mencionan otros beneficios no menos importantes como el papel de los HMA sobre las poblaciones microbianas del suelo para mejorar el traslado del N entre las plantas micorrizadas, aspecto que fue demostrado mediante el N₁₅ (Hamel et al., 1991). El efecto de los HMA como reguladores de la absorción de metales pesados por la planta tales como Zn, Cu, Mn, Ni y Cd, en dependencia de su concentración y movilidad, lo que implica el enorme potencial que representa la utilización de los hongos micorrizógenos para la inoculación de plantas en suelos degradados y suelos ácidos con altos tenores de metales pesados y otras áreas de estrés (Nogueira y Harris, 1994).

En el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) (1998), se ha señalado que los HMA incrementan el crecimiento de las plantas y los rendimientos agrícolas, los cuales oscilan por lo general entre 20 y 60 %; también aumentan el aprovechamiento de los fertilizantes y de los nutrientes del suelo, y por consiguiente, disminuyen los costos por concepto de aplicación de estos insumos, no degradan los suelos, contribuyendo a la regeneración de los mismos.

Se plantea que de las cantidades de fertilizantes minerales aplicados, sólo se aprovecha alrededor del 50 %, sin embargo con la utilización de los HMA puede ser recuperado por la planta un porcentaje mayor. Mientras que un pelo radical puede poner a disposición de las raíces los nutrientes y el agua que se encuentra hasta 2 mm de la epidermis, las hifas del micelio extramático de los HMA pueden hacerlo hasta 80 mm, lo que representa para la misma raicilla la posibilidad de explorar un volumen de suelo hasta 40 veces mayor.

5.4.4. Beneficios en la protección del sistema radical contra organismos fitopatógenos.

En los últimos años ha ganado interés entre los científicos e investigadores el efecto benéfico de los HMA como biocontrol de organismos fitopatógenos en el sistema suelo-planta.

Se informa por varios autores el efecto controlador, inhibidor, protector o reductor de las poblaciones de nemátodos parasíticos de varios cultivos por los HMA. Se señala una disminución de los niveles poblacionales de *Meloidogyne incognita*; *Meloidogyne hapla*; *Meloidogyne javanica*; *Pratylenchus brachyurus*; *Glodobera solanacearum* y otros. Se continúan examinando las interacciones nemátodos-HMA y el uso de estos hongos como posibles agentes de biocontrol de importancia económica (Francl y Dropkin, 1985; Jatala, 1986; Cofcewicz y Medeiros, 1994; Lovato et al., 1994; Baker, 1994).

Por otra parte se estudió la posibilidad de utilizar los HMA en el control biológico del "Damping off" causado por *Fusarium moniliforme*, *Pythium vexans* y *Rhizoctonia spp.*, en la India. Sólo el *F. moniliforme* causó la enfermedad y los resultados demostraron, en una escala de cero a tres en orden creciente de la enfermedad, que el control no inoculado mostró cero, las plantas inoculadas con *F. moniliforme* dos y las que se inocularon con *F. moniliforme* + *Glomus fasciculatum* presentaron un registro de 0,5 (Thomas et al., 1994).

5.4.5 .Biofertilizante micorrizógeno EcoMic®

El producto *EcoMic*® es una serie de inoculantes microbianos elaborados a partir de productos de determinadas especies de hongos micorrizógenos arbusculares individuales, de probada infectividad y alta eficiencia.



Figura 1. Biofertilizante micorrizogeno *EcoMic*®

En la elaboración de este producto se emplean las siguientes especies de HMA de forma individual: *Glomus fasciculatum*, *Glomus mosseae*, *Glomus claroideum* y *Glomus clarum*, pertenecientes a la familia *Glomaceae*, orden *Glomales*, clase *Zygomycetes*.

El mismo se obtiene a partir de la inoculación previa de este microorganismo a plantas hospederas por recubrimiento de sus semillas, que incluyen por lo general las especies *Sorghum vulgare* y *Brachiaria decumbens* y de su posterior desarrollo en el sistema radical.

Un aspecto importante a la hora de reproducir estos hongos es el genotipo del hospedante. Con relación a esto se debe seleccionar una especie con dependencia micorrizica, preferentemente una planta de ciclo corto (cuatro –seis meses) que posea a su vez un sistema radical que garantice una adecuada producción de propágulos micorrizicos. Entre las especies que han demostrado ser buenas hospedantes se encuentran además de las mencionadas anteriormente las siguientes: *Plantado lanceolada*, *Sorghum bicolor*, *Paspalum notatum*, *Fragaria sp*, *Zea mays* y *Allium cepa*.

El inoculante está listo cuando se cumple el ciclo reproductivo de los cultivos y es extraído conjuntamente con el sustrato, el cual incluye todos los propágulos infectivos del hongo micorrizógeno (esporas, raicillas infestadas y fragmentos de hifas). No obstante éste puede ser extraído en cualquier otro momento, dependiendo de la cantidad de propágulos existentes en el sustrato.

En la actualidad este producto se fabrica bajo la tecnología de canteros multiplicadores. Los canteros o áreas de reproducción se pueden construir sobre el propio suelo, de un metro de ancho y de 0.20 m de profundidad efectiva, de manera que en una distancia de aproximadamente cinco metros lineales y utilizando sustratos con densidad aparente de 1 g.cm^{-3} , se puedan cosechar alrededor de una tonelada métrica de producto final.

Estos depósitos pudieran ser de polietileno negro reutilizable hasta en dos cosechas, de concreto, o simplemente de acuerdo con Sieverding (1991), realizarlos sobre el propio suelo, eliminando la capa biológicamente activa en una profundidad de hasta 25 cm, apisonando el subsuelo y colocando el sustrato deseado para la posterior reproducción de hongos micorrizógenos.

Los canteros son llenados con el sustrato, posteriormente es colocada una cantidad de inóculo certificado por debajo de la semilla, sembrada la misma y al término del ciclo de vida de la planta se desecha la parte aérea, se seca el sustrato en un área techada con suficiente ventilación y se procede al procesamiento del sustrato, utilizando un potente molino de martillos. Finalmente el producto se empaqueta en bolsas.

En la producción de *EcoMic*®, tanto el producto certificado de altísima pureza, como el agrícola, elaborado a cielo abierto, donde se manejan volúmenes de producción de hasta 100 toneladas, se aplica un riguroso control de la calidad y se monitorea de forma sistemática, tanto la colonización micorrizica, como la producción de micelio

externo y el grado de pureza de las poblaciones de hongos micorrizógenos que se cultivan.

Los rangos de concentración de esporas / gramo de sustrato, establecidos para ambos tipos de inoculantes son los siguientes:

Inoculo Certificado

Glomus fasciculatum: 125 - 250 esporas / gramo de sustrato

Glomus clarum: 250 - 350 esporas / gramo de sustrato

Glomus mosseae: 50 - 70 esporas / gramo de sustrato

Inoculo Agrícola

Cualquiera de las cepas anteriores: 20 - 30 esporas / gramo de sustrato

Formas de aplicación.

Las formas de aplicación de este inoculante según el INCA (2002), son las siguientes:

- Para siembra directa (cereales, granos y otros). Inocular la semilla mediante la tecnología de recubrimiento de semillas en una proporción del 10 - 15% de su peso.
- Semilleros (tomate, pimiento, ají y otros). Aplicar 1 kg de *EcoMic*® por metro cuadrado (m²) de cantero.
- Viveros (cafeto, cítricos, frutales y otros). Aplicar 5 -10 g de *EcoMic*® debajo de la semilla en el momento de la siembra.
- Bancos de enraizamiento (clavel, rosa y otros). Aplicar 1 kg de *EcoMic*® por metro cuadrado (m²) en el sustrato.
- Vitroplantas (fase de adaptación); (caña de azúcar, plátano, café, piña, flores y otros). Aplicar 2 -3 g de *EcoMic*® por planta en el sustrato de adaptación.

5.5. El cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa*, L.).

5.5.1. Importancia económica y alimenticia

La lechuga constituye en las condiciones de la Agricultura Urbana cubana una de las hortalizas de más amplio consumo y aceptación popular, cultivándose en todas las provincias del país. Las hojas de la lechuga contienen un porcentaje bastante alto de agua (92-95,5 %), son ricas en vitamina C, hierro, fósforo y calcio. Las vitaminas C y A son más abundantes en las hojas verdes exteriores que en las interiores del repollo. Según Márquez (2009), la lechuga es una planta con muy poco valor nutritivo y un alto contenido el agua (entre el 90 % y 95 %). Contiene muchas vitaminas A, B1, B2, B3 y C, junto con minerales como P, Fe, Ca y K.

5.5.2. Descripción morfológica

Sistema radical

Presenta una raíz principal que puede alcanzar 180 cm de longitud y una profundidad de 60 cm. Las raíces se sitúan superficialmente en el suelo y es por ello las grandes exigencias a la humedad en estas fases.

Tallo

Es corto y no ramificado en las primeras fases de su desarrollo. Después de formada la roseta de hojas y los repollos, si las condiciones ecológicas le son favorables, el tallo se alarga y ramifica dando lugar finalmente a la inflorescencia.

Hojas

Son generalmente sésiles, algunas lisas y otras rugosas, de bordes rizados en algunos casos. Su color varía del verde claro hasta el morado, de acuerdo a las variedades.

Inflorescencia y flores

La inflorescencia es racimosa compuesta. Las flores son hermafroditas, con pétalos amarillos, generalmente se autopolinizan, pero puede ocurrir la fecundación cruzada en no más de un 6%.

5.5.3. Requerimientos edafoclimáticos.

Temperatura

La lechuga es una planta que responde a sus diferentes fases del crecimiento y desarrollo a la interacción de la luz y la temperatura. La germinación de las semillas se inicia con 2 °C - 3 °C siendo la óptima de 20 °C - 25 °C. La temperatura óptima para el crecimiento de las hojas y formación del repollo está entre 16 °C y 21 °C y para el tallo floral y los órganos generativos alrededor de 20 °C -22 °C.

Luz

La lechuga está considerada como una planta de día largo, además es exigente a la intensidad de la luz.

Humedad del suelo

Es muy exigente a la humedad del suelo debido al desarrollo del sistema radical que está situado superficialmente y tiene poca capacidad de absorción. Se ha demostrado que la humedad más adecuada para las plantas de lechuga es de 60 % a 70 % de la capacidad de campo.

Suelos

Las plantas de esta especie se desarrollan bien en diferentes suelos, sobre todo si estos son ricos en nutrientes, de buena estructura y buena retención de humedad. Las plantas se desarrollan mejor y su rendimiento es mayor cuando los suelos presentan una reacción ligeramente acida, pH de 5.8 – 6.5.

5.54 .Fitotecnia.

Aspectos de la fitotecnia empleada en el cultivo de la lechuga en condiciones de Agricultura Urbana según GNAU, (2007), se relacionan en la tabla1.

Tabla 1. Aspectos fitotécnicos del cultivo de la lechuga.

| Variedad | Época de siembra | | Duración del ciclo económico (días) | Distancia siembra | |
|----------------|------------------|-----------|-------------------------------------|-------------------|--------------|
| | Normal | Óptima | | Hileras (cm) | Plantas (cm) |
| Grand Rapid-30 | Todo el año | Oct-Dic | 55 a 60 | 20 | 15 |
| BSS | Sept – Mayo | Oct-Dic | 40 a 50 | 20 | 15 |
| BSS -13 | Sept - Mayo | Oct-Dic | 40 a 50 | 20 | 15 |
| Riza -15 | Sept - Enero | Nov-Dic | 50 a 60 | 15 | 15 |
| Great Lake | Oct - Enero | Oct - Ene | 50 a 60 | 2 hileras | 35 |

En los huertos intensivos es indispensable realizar un conjunto de labores que propicien obtener los mayores rendimientos entre las que se encuentran el retrasplante, raleo o entresaque, la eliminación de plantas indeseables y el riego durante todo el ciclo vegetativo.

5.5.5. Cosecha y manipulación.

Huerrez y Caraballo (1996), señalan que la cosecha se realiza cuando se ha formado la roseta de hojas o el repollo, separando el tallo del repollo con un cuchillo bien afilado, se eliminan las hojas secas, amarillas o enfermas y se colocan formando mazos verticales en cajas de madera o plásticas, no debiendo permanecer en el campo por mas de 4 h después de cosechadas.

5.6. El cultivo de zanahoria (*Daucus carota*, L.)

5.6.1. Importancia económica y alimenticia.

El cultivo de la zanahoria ha experimentado un importante crecimiento en los últimos años, tanto en superficie, como en producción, se cultiva en todo el mundo. La producción mundial es de alrededor de 12 millones de toneladas. Asia es el mayor productor seguida por Europa y EE.UU (Sangiaco, 2005).

Las cualidades nutritivas de las zanahorias son importantes, especialmente por su elevado contenido en beta-caroteno (precursor de la vitamina A), pues cada molécula de caroteno que se consume es convertida en dos moléculas de vitamina A. En general se caracteriza por un elevado contenido en agua y bajo contenido en lípidos y proteínas (Serre, 2010).

5.6.2. Descripción morfológica

Sistema radical

Presenta un sistema de raíces muy desarrollado y ramificado, de la raíz principal brotan las raíces secundarias. El engrosamiento de la parte superior de la raíz principal da lugar a la raíz carnosa u órgano de consumo de esta especie, donde se acumulan las sustancias nutritivas.

Tallo

El tallo de la zanahoria alcanza unos pocos milímetros de altura en el primer año de vida de la planta., localizándose en la parte superior de la raíz carnosa. Después de vernalizado, crece erecto pudiendo alcanzar una altura de 80 cm -100 cm, es veloso y muy ramificado.

Hojas

Son compuestas con los foliolos marcadamente hendidos y en algunos casos vellosas. De acuerdo con las distintas variedades, los peciolos pueden ser más o menos largos, y el color de las hojas pueden variar de verde claro a oscuro.

Inflorescencia y flores

La inflorescencia de la zanahoria es una umbela compuesta, las flores tienen el ovario infero, son blancas con cinco pétalos y cinco estambres. La polinización es cruzada.

Fruto y semilla

El fruto de la zanahoria es un esquizocarpio (dos o más carpelos unidos, separándose al madurar). Las semillas son pequeñas, convexas de un lado y planas del otro; presentan pequeños espinas en la parte convexa y su color generalmente es pardo claro.

5.6.3. Exigencias ecológicas

Temperatura

La temperatura optima para que ocurra la germinación esta entre 18 °C -25 °C, para el crecimiento de la raíz carnosa de 20 °C -22 °C y para el crecimiento de las hojas de 23 °C -25 °C.

Luz

Es una planta de día largo y exigente a la intensidad de la luz, aspecto este a tener presente en relación con la densidad de siembra.

Humedad del suelo

La zanahoria es una planta que se adapta fácilmente a la falta de humedad del suelo, debido a las características de su sistema radical y a la estructura xeromorfica de sus hojas. Durante la fase de germinación, la capa superficial del suelo debe estar medianamente húmeda, posteriormente la fase de crecimiento inicial es muy lenta, su sistema radical es débil, por lo que se debe mantener una humedad adecuada y una vez que las plantas han crecido las exigencias son menores.

5.6.4. Fitotecnia

A continuación se relacionan ciertos aspectos de la fitotecnia empleada en el cultivo de la zanahoria en condiciones de organopónico según GNAU, (2007), se relacionan en la tabla 2.

Tabla 2. Aspectos fitotécnicos del cultivo de la zanahoria en condiciones de organopónico.

| Variedad | Época de siembra | | Duración ciclo Económico (días) | Distancia siembra | |
|----------------|------------------|------------|---------------------------------|-------------------|--------------|
| | Normal | Óptima | | Hileras (cm) | Plantas (cm) |
| New Kuroda | Sept - Feb | Nov -Enero | 110 a 115 | 15 | 10 |
| Brasilia | Sept - Feb | Octubre | 90 a 100 | 15 | 10 |
| Tropical CH -4 | Sept - Feb | Octubre | 90 a 100 | 4 hilera, 10cm | 6 - 8 |
| Tropical NK -6 | Sept- Enero | Octubre | 90 a 100 | 4 hilera, 10cm | 6 - 8 |

5.6.5. Cosecha, manipulación y rendimiento.

Huerres (2002), plantea que la zanahoria se debe cosechar a los 90-110 días de la siembra, en dependencia de la variedad, hacerse mazos y lavar bien las raíces carnosas antes de venderlas a los consumidores. Su rendimiento se enmarca entre los 2 - 3 Kg/m²

5.7. Remolacha (*Beta vulgaris L.*)

5.7.1. Importancia económica y alimenticia.

Este cultivo se siembra básicamente para el consumo fresco, como ensaladas, en áreas especializadas de empresas de las diferentes provincias del país, huertos escolares y cooperativas pero siempre en pequeñas extensiones. Su mayor importancia desde el punto de vista alimenticio se debe esencialmente a su contenido de hierro y fósforo.

5.7.2. Descripción morfológica.

Sistema radical

Presenta un sistema radical desarrollado y muy ramificado. La raíz principal llega a profundizar hasta los 1,50 m -2 m, las secundarias hasta 60 cm. En la parte superior de la raíz principal se forma la raíz carnosa.

Tallo

Tiene un crecimiento limitado, localizándose en el punto de intersección de raíz carnosa y las hojas. El tallo floral ramificado puede alcanzar una altura de 0,80 m -1,20 m.

Hojas

Son simples y se agrupan formando una roseta. El limbo es triangular de color verde o morado, con las nerviaciones generalmente moradas.

Inflorescencia y flores

Las flores son hermafroditas con cinco sépalos y pétalos verdes con pigmentación rojiza. Se presentan también como un fenómeno de la protandria, o sea, en este caso, la antera madura antes que el estigma. La polinización es cruzada y el aire y los insectos trasladan el polen al estigma. El ovario es súpero.

Semillas y frutos

En el proceso de fecundación se sueldan varias flores, dando lugar a glómulo está integrado por dos – cuatro semillas. El poder germinativo de la semilla se mantiene por tres- cuatro años si las mismas se conservan en un ambiente refrigerado.

5.7.3. Exigencias ecológicas

Temperatura

La germinación se produce óptimamente a 20 °C -25 °C, el crecimiento de la raíz carnosa se desarrollan rápidamente cuando la plana se encuentra entre 15 °C y 23 °C; mientras que las hojas se favorecen con temperaturas 21 °C -30 °C.

Luz

Esta planta necesita para su crecimiento y desarrollo días largos, además, es muy exigente a la alta intensidad de la luz. Se ha demostrado que con luz deficiente la calidad de la raíz carnosa y los rendimientos disminuyen.

Humedad del suelo

La remolacha es una especie algo exigente a la humedad del suelo, sobre todo en la fase de germinación y en las primeras del crecimiento. Cuando ya ha formado el sistema radical la demanda disminuye, para una buena de producción raíces carnosas se debe mantener una humedad normal y constante en el suelo para que el crecimiento y desarrollo sea ininterumpido.

5.7.4. Fitotecnia

Aspectos de la fitotecnia empleada en el cultivo de la remolacha en condiciones de organopónico según GNAU, (2007), se relacionan en la tabla 3.

Tabla 3. Aspectos fitotécnicos de la remolacha.

| Variedad | Época de siembra | | Duración ciclo Económico (días) | Distancia siembra | |
|----------------|------------------|------------|---------------------------------|-------------------|--------------|
| | Normal | Óptima | | Hileras (cm) | Plantas (cm) |
| Nueva Zelandia | Sept - Mayo | Oct -Enero | | 10 | 15 |
| Crosby | Sept - Mayo | Oct -Enero | 80 a 90 | 10 | 15 |

5.7.5. Cosecha, manipulación y rendimiento.

La cosecha se realiza cuando la raíz carnosa haya alcanzado entre 4,5 cm como mínimo y 8 cm como máximo, se puede hacer de forma manual o mecanizada. En el momento del arranque debe haber una moderada humedad. Después de cosechadas se envasan en cajas plásticas, maderas o sacos. Se logran alcanzar rendimientos de 15-20 t/ha.

6. MATERIALES Y MÉTODOS.

6.1. Material de siembra utilizado.

Para determinar la respuesta del rendimiento y sus componentes a la aplicación de biofertilizantes a base de Micorrizas y Microorganismos Eficientes en diferentes especies hortícolas en condiciones de bolsa y organopónico., se utilizó semilla botánica correspondiente a los cultivos de zanahoria, lechuga y remolacha, suministradas por la Unidad Empresarial de Base (UEB) Semillas Varias Matanzas, con un 96 % de germinación y un 98 % de pureza física. El manejo agrotécnico de las especies hortícolas evaluadas se efectuó según las recomendaciones GNAU, (2007).

6.2. Caracterización Química.

Se realizó una caracterización química del material inorgánico (suelo) y de la materia orgánica (estiércol vacuno) utilizados en la confección del sustrato de las bolsas.

La caracterización química del material inorgánico (suelo) consto de las siguientes determinaciones:

1. pH en agua por el método potenciométrico, con una relación suelo – agua 1: 2,5.
2. Materia orgánica por el método de Walkley – Black (combustión húmeda).
3. Fósforo asimilable por el método de Oniani.
4. Extracción de cationes cambiables Ca, Mg, K, Na con acetato de amonio 1N de pH = 7 con relación suelo – solución de 1: 5.
 - 4.1 Determinación de potasio (K) y sodio (Na) por fotometría de llama.
 - 4.2 Determinación de calcio (Ca) y magnesio (Mg) por el método volumétrico con EDTA.

La caracterización química de la materia orgánica (estiércol vacuno) consto de los siguientes análisis:

1. pH en agua por el método potenciométrico.
2. Materia orgánica por el método de Walkley – Black (combustión húmeda).
3. Determinación de elementos totales N, P, K, Ca, Mg y Na.

Para realizar esas determinaciones se dispone de una solución sulfúrica que contiene 0.5 g de muestra en 500 mL de solución. Con esta solución se utilizan las técnicas analíticas correspondientes a cada elemento.

- N y P (Método Colorimétrico).
- Ca y Mg (Valoración con EDTA).
- K y Na (Fotometría de Llama).

Tabla 4. Resultados de los análisis de los componentes del sustrato de las bolsas.

| Componentes | Na cmol.kg ⁻¹ | K cmol.kg ⁻¹ | Ca cmol.kg ⁻¹ | Mg cmol.kg ⁻¹ | P ppm | M.O. % | pH | N (%) |
|------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------|-----------|-----|----------|
| Suelo | 0.17 | 0.41 | 30.0 | 3.5 | 180 | 1.77 | 7.1 | |
| Materia orgánica | 0.1 (%) | 0.45 (%) | 2.5 (%) | 0.52 (%) | 0.69 (%) | 42.8 | 7.0 | 1.3 |

La caracterización química de los sustratos de los canteros organopónicos en la “La Dignidad” y en la UDIP de la UMCC, se presentan en las tablas 5 y 6. Los métodos utilizados en las determinaciones analíticas corresponden con los utilizados en el análisis de los componentes del sustrato de las bolsas.

Tabla 5. Resultados analíticos del sustrato, organopónico “L a Dignidad”.

| Cantero | P ₂ O ₅ mg/100 g | K ₂ O mg/100 g | pH H ₂ O | MO % |
|---------|---|------------------------------|------------------------|---------|
| 1 | 99,9 | 14,75 | 7,37 | 6,68 |
| 2 | 99,9 | 18,60 | 7,41 | 6,42 |
| 3 | 99,9 | 14,05 | 7,43 | 6,52 |
| 4 | 99,9 | 10,90 | 7,45 | 6,72 |
| 5 | 99,9 | 13,17 | 7,51 | 6,35 |
| 6 | 99,9 | 14,05 | 7,44 | 7,14 |

Tabla 6 Resultados analíticos del sustrato, organopónico UDIP de la UMCC.

| Cantero | P ₂ O ₅ mg/100 g | K ₂ O mg/100 g | pH H ₂ O | MO % |
|---------|---|------------------------------|------------------------|---------|
| 1 | 86.14 | 13.0 | 7.56 | 4.34 |
| 2 | 88.82 | 27.0 | 7.64 | 4.98 |
| 3 | 75.68 | 19.30 | 7.66 | 4.62 |
| 4 | 73.87 | 19.65 | 7.71 | 4.88 |
| 5 | 70.11 | 12.30 | 7.72 | 3.79 |
| 6 | 79.74 | 13.35 | 7.67 | 3.37 |

6.3. Caracterización del inóculo de Microorganismos Eficientes empleado.

Una caracterización de la composición microbiológica del inóculo de microorganismos eficientes empleado fue caracterizada en el Laboratorio de Microbiología de la Universidad de La Habana (Tabla 7).

Tabla 7: Composición microbiológica del inóculo.

| Hongos Filamentosos | Bacterias |
|-----------------------|------------------------|
| <i>Trichoderma sp</i> | <i>Pseudomonas sp.</i> |
| <i>Aspergillus sp</i> | |
| <i>Rhizopus sp</i> | |
| <i>Mucor sp</i> | |
| <i>Penicilium sp</i> | |
| | <i>Bacillus sp.</i> |

6.4. Determinación de la respuesta productiva del cultivo de la zanahoria a la aplicación de biofertilizantes con diferentes niveles de materia orgánica en condiciones de bolsas.

La investigación se desarrolló en el área de aclimatación del Centro de Estudios Biotecnológicos, pertenecientes a la Facultad de Agronomía de la Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”, en el periodo comprendido de noviembre del 2009 a

febrero del 2010 en el cultivo de las zanahoria (*Daucus carota*, L), variedad New Kuroda. Previo al montaje del experimento se procedió a mezclar los componentes del sustrato: suelo y materia orgánica (estiércol vacuno) en las siguientes proporciones:

- 100 % de Suelo.
- 90 % de suelo + 10 % de Materia orgánica.
- 80 % de suelo + 20 % de Materia orgánica.

La siembra se efectuó en bolsas de polietileno de 14 cm x 18 cm, colocando tres semillas por bolsa, realizando el entresaque a los 10 días de la germinación de la semilla, dejando una planta por bolsa.

Se estudiaron los siguientes tratamientos.

T₁: Testigo (100 % de Suelo).

T₂: 90 % de suelo + 10 % de Materia orgánica.

T₃: 80 % de suelo + 20 % de Materia orgánica.

T₄: 100 % de suelo+ Micorrizas

T₅: 90 % de suelo + 10 % de Materia orgánica+ Micorrizas.

T₆: 80 % de suelo + 20 % de Materia orgánica+ Micorrizas

T₇: 100 % de suelo + ME.

T₈: 90 % de suelo + 10 % de Materia orgánica+ ME.

T₉: 80 % de suelo + 20 % de Materia orgánica+ ME.

T₁₀: 100 % de suelo + Mi + ME.

T₁₁: 90 % de suelo + 10 % de Materia orgánica+ Micorrizas + ME.

T₁₂: 80 % de suelo + 20 % de Materia orgánica+ Micorrizas + ME.

Caracterización de los productos biofertilizantes.

- Inoculación con hongos formadores de Micorrizas.

Producto *EcoMic*® género *Glomus* sp cepa Hoi like producido en el INCA. La inoculación se efectuó antes de efectuar la siembra a razón de 5 g/bolsas.

➤ Inoculación con Microorganismos Eficientes (ME) (4 ml/m²)

Los (ME) fueron producidos por el MSc. Omar González Santa María, por medios artesanales. La tecnología para la producción de (ME) sólido según (O. González, comunicación personal, 24 de octubre, 2009), consiste en recolectar la hojarasca de las zonas más descompuesta de un bosque lo más virgen posible, trasladándolo a un lugar bajo techo, cementado y seco, donde se esparce la hojarasca, vertiendo sobre la misma 23 Kg. de una fuente de carbohidratos (polvo de arroz, semolina o harina de maíz). En una cubeta de 20 L de capacidad, se adiciona 6 L de agua, 2 L de miel B, 2 L de leche o suero y 2 L de (ME) en forma líquida anteriormente obtenido, se homogeniza y se vierte de manera uniforme encima de la hojarasca, una vez realizada la mezcla, se introduce en una bolsa de nylon para asegurar la fermentación anaeróbica, la cual se coloca en un tanque plástico de aproximadamente 60 L con tapa hermética, colocándose a la sombra y a los 20 días posteriores ya está listo para su uso en la confección del inóculo líquido. Para preparar los (ME) en forma líquida se toma una muestra de 2,5 Kg. de ME en forma sólida, se le añade 1 L de melaza y 1 L de ME en forma líquida obtenido anteriormente, introduciéndolos en un tanque de 60 L, donde se agitan y se le agrega agua hasta completar la capacidad del tanque, se tapa herméticamente y se deja en reposo durante 4 días al término del cual está listo para su uso.

La inoculación se efectuó posterior a la germinación de la semilla, realizándose tres aplicaciones a los 15, 30 y 45 días, utilizándose para ello un atomizador manual de 1L.

Evaluaciones realizadas.

- Longitud de la raíz carnosa. Se empleó una regla graduada.
- Diámetro de la raíz carnosa. Se utilizó un pie de rey.
- Peso de la raíz carnosa. Se empleó una balanza comercial.
- Masa fresca de la raíz carnosa. Se utilizó una balanza comercial.
- Masa seca de la raíz carnosa. Se colocó a 80° en estufa durante 72 horas.
- Determinación de la concentración de Carotenioide: según Metodología descrita por Rodes y Collazo, (2006).
- Rendimiento en kg/m². Se utilizó una balanza comercial.

Diseño Experimental.

El diseño experimental utilizado fue un Bloque al azar (Anexo 1)

6.5. Evaluación del rendimiento y sus componentes en diferentes especies hortícolas en condiciones de organopónico.

Para la determinación de la respuesta productiva de diferentes especies hortícolas en condiciones de organopónico se desarrollaron dos experimentos entre noviembre del 2010 y febrero del 2011, que se detallan a continuación:

6.5.1. Experimento I. Asociación Remolacha – Lechuga.

Se desarrolló en el organopónico “La Dignidad”, en el cultivo de la remolacha (*Beta vulgaris* L), variedad Crosby, en asociación con el cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa* L), variedad Black Seeded Simpsom (BSS), estudiándose los siguientes tratamientos.

T₁: Testigo (T)

T₂: Micorriza (Mi)

T₃: Microorganismos Eficientes (ME) de Omar González (4 ml/m²)

T₄: Microorganismos Eficientes (ME) de Omar González (12 ml/m²)

Caracterización de los tratamientos.

- Testigo: testigo absoluto, siguiendo la metodología para el cultivo sin ninguna aplicación de productos biofertilizantes.
- Inoculación con hongos formadores de Micorrizas.

En siembra directa se inoculo la semilla de remolacha mediante la tecnología de recubrimiento de las mismas en una proporción del 10 al 15% de su peso.

La inoculación con Micorrizas en el cultivo de la lechuga se realizó en el momento del trasplante por inmersión de la raíz de las posturas en un sustrato semilíquido del producto *EcoMic*® género *Glomus* sp cepa Hoi like.

- Inoculación con Microorganismos Eficientes (ME) (4 y 12 ml/m²)

La inoculación tanto en siembra directa como en trasplante se efectuó sumergiendo las semillas de remolacha y las raíces de las posturas de lechuga durante 15 minutos en el

inoculo diluido al 10%, con posterioridad se realizaron tres aplicaciones, una a los 10, 20 y 30 días, utilizándose para ello una mochila.

Evaluaciones realizadas.

Remolacha.

- Diámetro de la raíz carnosa. Se midió con un pie de rey 20 raíces carnosas tomados al azar en cada parcela experimental
- Rendimiento en Kg / m². A partir del peso total de la cosecha de cada parcela experimental, obtenida en un área 4.5 m² se calculó el rendimiento en kg/m², utilizándose una balanza comercial.

Lechuga

- Hojas totales. Por conteo directo en 12 plantas tomadas aleatoriamente.
- Rendimiento en Kg / m². A partir del peso total de la cosecha de cada parcela experimental, se calculó el rendimiento en kg/m², utilizándose una balanza comercial.

Diseño estadístico utilizado.

Se utilizó un diseño de Bloque al azar con seis réplicas (Anexo 2).

6.5.2. Experimento II. Zanahoria.

Se desarrolló en el organopónico perteneciente a la UDIP, en el cultivo de la zanahoria, variedad New Kuroda, estudiándose los siguientes tratamientos.

T 1: Testigo (T)

T2: Micorriza (Mi)

T3: Microorganismos Eficientes (ME) (4 ml/m²)

T4: Micorrizas + Microorganismos Eficientes (ME) (4 ml/m²).

Caracterización de los tratamientos.

- Testigo: testigo absoluto, siguiendo la metodología para el cultivo sin ninguna aplicación de productos biofertilizantes.

- Inoculación con hongos formadores de Micorrizas.

Como productos biofertilizantes se utilizaron hongos formadores de Micorrizas, producto *EcoMic*® género *Glomus* sp cepa Hoi like producido en el INCA. La inoculación se realizó antes de efectuar la siembra mediante la tecnología de recubrimiento de las semillas en una proporción del 10 al 15% de su peso.

- Inoculación con Microorganismos Eficientes (ME) (4 ml/m²)

Microorganismos Eficientes producidos por medios artesanales por el MSc Omar González. Las aplicaciones fueron realizadas a los 15; 30 y 45 días de la germinación de la semilla, utilizándose para ello una mochila manual.

Evaluaciones realizadas.

- Longitud de la raíz carnosa. Se utilizó una regla graduada.
- Diámetro de la raíz carnosa. Se empleó un pie de rey.
- Peso de la raíz carnosa. Se utilizó balanza comercial.
- Masa fresca de la raíz carnosa. Se empleó una balanza comercial.
- Masa seca de la raíz carnosa. Se colocó a 80° en estufa durante 72 horas.
- Rendimiento en kg/m². Se determinó a partir del peso total de la cosecha de cada parcela experimental, utilizándose una balanza comercial.

Diseño estadístico.

Se utilizó un diseño de Bloque al azar con seis réplicas (Anexo 3).

6.5.3. Programas estadísticos y análisis empleados.

Los resultados obtenidos fueron procesados estadísticamente mediante un análisis de varianza doble, aplicándose la prueba de comparación múltiple de medias de Duncan, a fin de comprobar el nivel de significación para $p < 0,05$ y $0,01$ utilizando el paquete profesional estadístico STATISTIC, versión 6.0 para WINDOWS.

6.5.4. Efectividad económica de la aplicación de productos biofertilizantes.

Para evaluar económicamente los resultados obtenidos en nuestro trabajo se procedió acorde a la metodología de Recompenza y Angarica (2003), para lo cual se determinó, la factibilidad económica de la aplicación de biofertilizantes (Microorganismos Eficientes y Micorrizas) en las especies hortícolas estudiadas en condiciones de bolsas y organopónico.

En condiciones de bolsas se calculó el rendimiento estimado para un cantero de 20 m² y se infirieron los posibles gastos en condiciones de organopónico. El rendimiento en kg/ m² se calculó de forma indirecta a partir de las medias del peso de la raíz carnosa obtenido en la cosecha, tomándose en consideración un área vital de 150 cm² (semejante al obtenido entre las bolsas), para un total de 60 plantas por m².

En organopónico se partió de los rendimientos obtenidos en cada tratamiento, calculándose los gastos directos e indirectos según los recursos utilizados en cada una de las labores agrotécnicas ejecutadas en los cultivos, las cuales se correspondieron con las indicadas en el “Manual Técnico de Organopónicos y Huertos Intensivos” (2007), modificada en correspondencia con las posibilidades del organopónico y el desarrollo de los cultivos.

Para el cálculo de los gastos de aplicación de los productos biofertilizantes, se tuvieron en cuenta los gastos de aplicación de los mismos, así como el gasto de los productos utilizados, según los precios siguientes:

- Micorrizas (*EcoMic*®): \$ 2.50 MN el kilogramo.
- Microorganismos Eficientes: \$ 10.00 MN el litro.
- Materia orgánica (estiércol vacuno): \$ 30. 00 MN la tonelada.

Se asumió un área de 4. 5 m² para cada tratamiento.

La producción obtenida en kg se calculo a través de la siguiente expresión:

Producción obtenida (kg) = Rendimiento (kg/m²) x Área (m²).

Para determinar los ingresos se tuvo en cuenta el precio de venta que fue de:

- \$ 3.58 kg de lechuga.
- \$ 2.06 kg de remolacha.
- \$ 6.51 el kilogramo de zanahoria.

Utilizándose la siguiente expresión:

Ingreso (\$) = Producción obtenida (kg) x Precio de venta (\$/kg).

La ganancia fue calculada empleando la siguiente fórmula:

Ganancia (\$) = Ingresos (\$) – Gastos (\$).

Los resultados obtenidos en los diferentes indicadores económicos fueron comparados, determinándose los mejores tratamientos sobre la base de la ganancia obtenida por la aplicación de biofertilizantes.

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

7.1. Determinación de la respuesta productiva del cultivo de la zanahoria a la aplicación de biofertilizantes con diferentes niveles de materia orgánica en condiciones de bolsas.

Como se aprecia en la tabla 8, los valores más altos de masa fresca de la raíz carnosa en gramos se obtiene con el tratamiento 10 (100 % de suelo + *EcoMic*® + ME) el cual no difiere significativamente del tratamiento 11 (90 % de suelo + 10% de Materia orgánica+ *EcoMic*® + ME) ni del tratamiento 4 (100 % de suelo+ *EcoMic*®) pero si del resto de los tratamientos. Los menores valores se obtienen en aquellos tratamientos en que se aplicó solo materia orgánica, los cuales no difieren entre sí pero si del testigo, resultando este último el que menor valor de masa fresca presentó con 4.59 g, pudiendo estar motivado por un incremento en el grado de hidratación de los tejidos o una mayor producción de biomasa, propiciado en cualesquiera de los casos por la aplicación de diferentes niveles de materia orgánica y los productos biofertilizantes coincidiendo con (R. Domech, en comunicación personal, 20 de marzo 2010) .

Por otra parte la masa seca de la raíz carnosa no presenta diferencia significativa en aquellos tratamientos que se llevó a cabo la coinoculación de los productos biofertilizantes con diferentes niveles de materia orgánica, no difiriendo tampoco de los tratamientos 7 (100 % de suelo + ME) y 4 (80 % de suelo + 20 % de Materia orgánica) pero si del resto de los tratamientos, destacándose con 69 g de masa seca el tratamiento 10 (100 % de suelo + ME + Micorrizas). Los valores más bajos se obtienen en el tratamiento testigo y en aquellos tratamientos en que solo se aplicó materia orgánica, los cuales no presentan diferencias significativas entre ellos, lo cual considero está relacionado con la producción de biomasa producto del balance entre la fotosíntesis y la respiración, en tal sentido Vázquez y Torres (1995), plantean que el crecimiento es un cambio cuantitativo que incluye aumentos en la longitud y masa seca, incrementos estos que pueden deberse a la acción de las sustancias de crecimiento y en última instancia al balance entre la fotosíntesis y la respiración de la planta.

Tabla 8. Comportamiento de la masa fresca y seca de la raíz carnosa (g)

| Tratamientos | Variables de estudio | |
|--|------------------------------------|----------------------------------|
| | Masa fresca de la raíz carnosa (g) | Masa seca de la raíz Carnosa (g) |
| Testigo (100 % de Suelo). | 459 e | 42 c |
| 90 % de suelo + 10 % de MO | 480 d | 45 c |
| 80 % de suelo + 20 % de MO. | 491d | 48 c |
| 100 % de suelo+ <i>EcoMic</i> ® | 562 ab | 64 a |
| 90 % de suelo+ 10 % de MO+ <i>EcoMic</i> ®. | 515 c | 57 b |
| 80 % de suelo + 20 % de MO+ <i>EcoMic</i> ® | 533 b | 56 b |
| 100 % de suelo + ME. | 546 b | 62 a |
| 90 % de suelo + 10 % de MO+ME. | 501 d | 52 b |
| 80 % de suelo + 20 % de MO+ME. | 497 d | 50 bc |
| 100 % de suelo + <i>EcoMic</i> ® +ME. | 578 a | 69 a |
| 90 % de suelo + 10 % de MO+ <i>EcoMic</i> ® +ME. | 571 a | 67 a |
| 80 % de suelo + 20 % de MO+ <i>EcoMic</i> ® +ME. | 522 c | 60 a |
| Ex | 10.88 | 2.52 |
| p | 0.01 | 0.01 |

Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos.

El análisis de los componentes del rendimiento en el cultivo de la zanahoria se presentan en la tabla 9, las variantes que incluyen la materia orgánica en la composición del sustrato manifiestan valores en las cuatro variables estudiadas significativamente inferiores al resto de las variantes experimentales con la única excepción del testigo, lo que supone un efecto negativo de este componente que pudiera estar fundamentado en una elevada relación carbono-nitrógeno de dicha materia orgánica que haya provocado una depresión de los nitratos en el sustrato y por tanto una menor disponibilidad de nitrógeno para las plantas con la consecuente reducción de los valores en cada una de las variables en estudio y por tanto en el

rendimiento, situación que resulta desfavorable cuando se trata de un cultivo de ciclo corto como la zanahoria.

Las variantes que incluyen la micorriza (EcoMic) y los (ME) tuvieron valores de rendimiento significativamente superiores a todas las demás, apreciándose un mejor comportamiento en las variantes que se inocularon estos biofertilizantes sin la presencia de materia orgánica lo que confirma lo planteado anteriormente sobre el efecto negativo de la materia orgánica sobre el cultivo, que en los casos en que están presentes los microorganismos eficientes y la micorriza se logra paliar en cierto grado, nótese que en el caso de la aplicación de estos productos con un 20 % de materia orgánica los resultados no van más abajo del segundo lugar de mérito mientras que sin la adición de éstos oscilan entre el tercero y el quinto.

Al comparar los efectos de la micorriza y los microorganismos eficientes por separado, se aprecia una ligera ventaja para los segundos sobre la primera, dado por que éstos abarcan un volumen mayor de suelo a diferencia de la micorriza que coloniza solamente el área alrededor de las raíces y también por la mayor diversidad en su composición que le permite un mayor universo de acción. En tal sentido Florez y Jiménez (2007), reportaron un estímulo del crecimiento y desarrollo de plantas de zanahoria con la aplicación de 10 L/ha de (ME) en un suelo laborado durante diez años respecto a un suelo virgen sin aplicación de estos microorganismos. Al respecto Rodríguez et al., (2002), señalaron que durante el proceso de la colonización radical por Micorrizas se producen toda una serie 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, traslocación y utilización de nutrientes y agua, además de estimular la síntesis de clorofila, proteínas, metabolitos secundarios y sustancias de crecimiento.

Destaca en estos resultados el hecho de que la variable masa de la raíz carnosa con la excepción del testigo a base de 100 % de suelo, el resto de las variantes oscila entre el primer y el tercer lugar de mérito, resultado lógico si se tiene en cuenta que los efectos negativos de la aplicación de la materia orgánica se manifiestan solamente en las

primeras semanas para acusar una recuperación hacia el final del ciclo, justamente en el momento en que se están acumulando asimilatos en la raíz carnosa de la planta.

En cuanto al contenido de carotenoides, el comportamiento de las variables es similar lo que pudiera explicarse por un mejor ritmo de crecimiento y posterior maduración debido a las mismas causas analizadas anteriormente, resultados que expresan mayores suministros de estas sustancias a los potenciales consumidores y en consecuencia una calidad biológica superior del producto agrícola obtenido. Al respecto los valores obtenidos no concuerdan con los estándares (64 - 194 (mg / g) señalados por Simon et. al (1982), citado por Cañizales y Lugo (1994), resultando nuestros valores más bajos que lo esperado.

Tabla 9: Análisis de los componentes del rendimiento en el cultivo de la zanahoria.

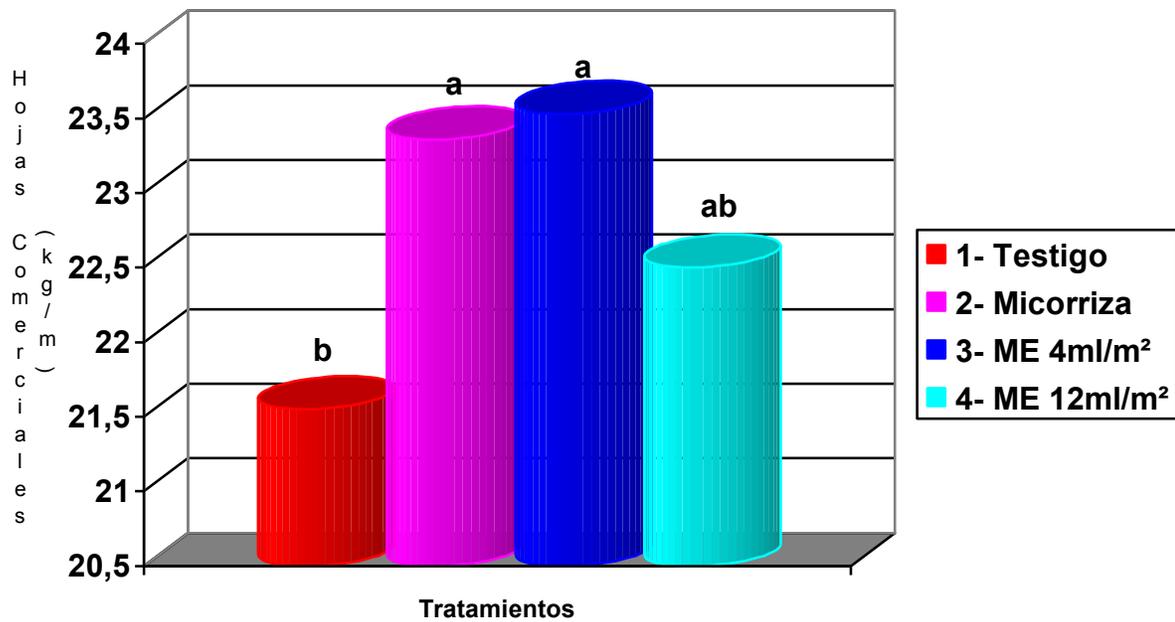
| Tratamientos | Diámetro (mm) | Longitud (cm) | Peso raíz carnosa (g) | Concent. Carotenoides (mg / g) |
|---|---------------|---------------|-----------------------|--------------------------------|
| Testigo (100 % de Suelo). | 4.12 e | 17.23 f | 137.7 d | 0.800 e |
| 90 % de suelo + 10 % de MO | 4.23 d | 18.17 e | 145.6 c | 0.909 e |
| 80 % de suelo + 20 % de MO. | 4.28 d | 18.31 d | 144.0 c | 0.820 e |
| 100 % de suelo+ <i>EcoMic</i> ® | 4.91 a | 19.63 b | 160.0 a | 1.342 b |
| 90 % de suelo+ 10 % de MO+ <i>EcoMic</i> ®. | 4.75 b | 18.72 c | 152.3 b | 1.300 c |
| 80 % de suelo + 20 % de MO+ <i>EcoMic</i> ® | 4.70 b | 19.54 b | 154.4 b | 1.211 d |
| 100 % de suelo + ME. | 4.89 a | 19.88 a | 157.0 ab | 1.288 c |
| 90 % de suelo + 10 % de MO+ ME. | 4.59 c | 18.47 d | 145.0 c | 1.209 d |
| 80 % de suelo + 20 % de MO+ ME. | 4.32 d | 18.40 d | 146.0 c | 1.192 c |
| 100 % de suelo + <i>EcoMic</i> ® + ME. | 4.98 a | 19.89 a | 166.5 a | 1.476 a |
| 90 % de suelo + 10 % de MO+ <i>EcoMic</i> ® + ME. | 4.94 a | 19.70 ab | 163.3 a | 1.328 b |
| 80 % de suelo + 20 % de MO+ <i>EcoMic</i> ® + ME. | 4.78 ab | 19.79 a | 151.8 b | 1.306 b |
| Ex | 0.15 | 0.39 | 3.8 | 0.063 |
| p | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |

Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos.

7.2. Evaluación del rendimiento y sus componentes en diferentes especies hortícolas en condiciones de organopónico.

7.2.1. Experimento I: Remolacha (*Beta vulgaris* L), variedad Crosby, en asociación con el cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa* L), variedad Black Seeded Simpson (BSS).

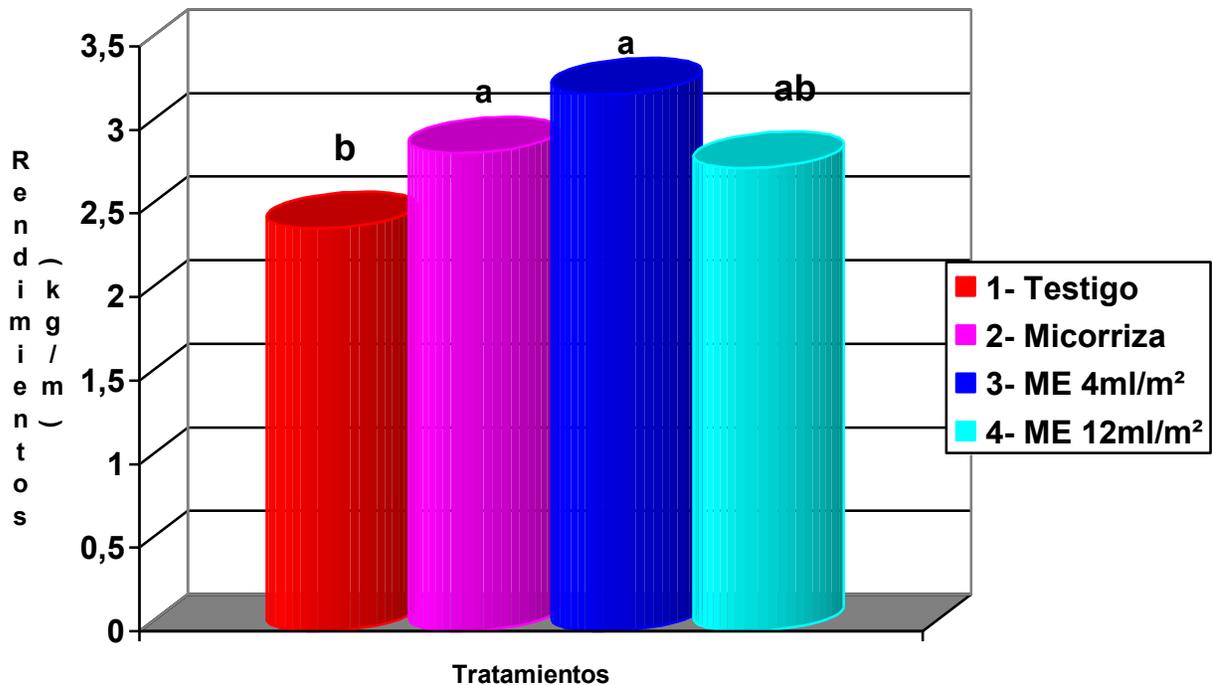
En la figura 2 se muestran los resultados obtenidos en el número de hojas por plantas en el cultivo de la lechuga. Las medias de los tratamientos oscilan entre 21.5 y 23.5 kg/m², siendo la aplicación de los (ME) a la dosis de (4ml/m²) la que mostró el mejor comportamiento, la cual no difiere significativamente de la inoculación simple de Micorrizas y de la aplicación de los (ME) a 12ml/m², pero si del testigo.



Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos.

Figura 2: Resultados del número de hojas por plantas en el cultivo de la lechuga.

La figura 3 muestra los resultados obtenidos en cuanto al rendimiento del cultivo de la lechuga intercalada, donde podemos apreciar que los tratamientos con Micorriza y (ME) a 4 ml/m² y 12 ml/m² se comportaron de forma semejante, no mostrando diferencias significativas entre ellos, pero si del testigo el cual no difiere de la aplicación (ME) a 12 ml/m².

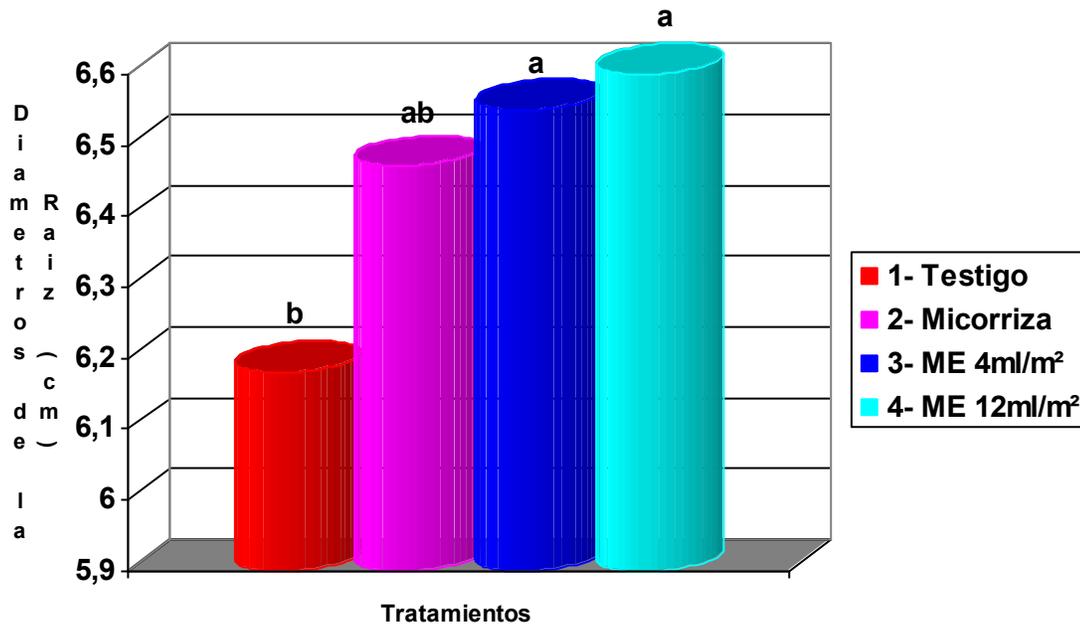


Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos.

Figura 3: Resultados del rendimiento en el cultivo de la lechuga.

Todo lo cual consideramos que se deba a la eficacia de las hormonas vegetales y de su concentración, habiéndose comprobado el efecto fisiológico que producen cuando actúan a muy bajas concentraciones, regulando el crecimiento y las actividades metabólicas en distintos tejidos de la planta (Parra, 2002).

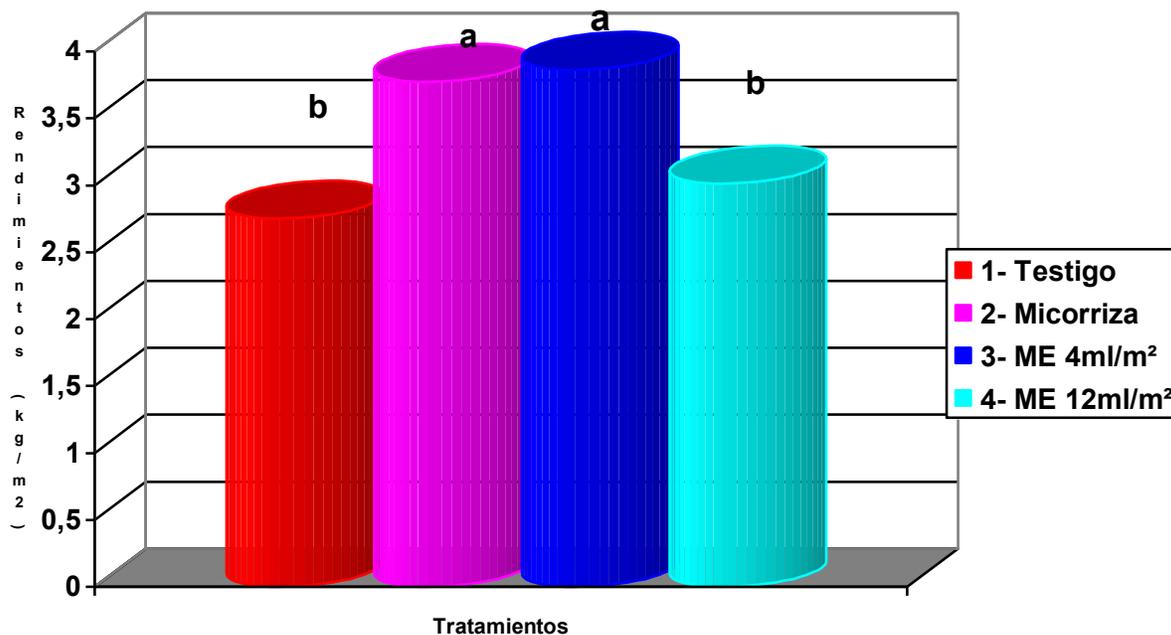
En la figura 4 se observan los resultados obtenidos en el cultivo de la remolacha respecto al diámetro de la raíz carnosa, donde se aprecia que los tratamientos (ME) a 12 ml/m² manifestó un comportamiento discretamente superior que no difiere significativamente de la inoculación con (ME) a 4 mL/m² y Micorrizas 12 mL/m², pero si con el testigo, a su vez la aplicación de micorrizas do difiere del testigo.



Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos.

Figura 4: Resultados del diámetro de la raíz carnosa en el cultivo de la remolacha

En la figura 5 se observa el comportamiento del rendimiento en el cultivo de la remolacha el cual osciló entre 2.75 y 3.86 kg/m². Los mejores comportamientos se obtuvieron con la inoculación de Micorrizas y (ME) asperjados a 4 ml/m² los cuales difieren significativamente del resto de los tratamientos. No se obtuvo diferencia significativa con la aplicación de (ME) a 12 ml/m² respecto al testigo.



Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos.

Figura 5: Resultados del rendimiento en el cultivo de la remolacha.

Los resultados obtenidos con la aplicación de micorrizas y microorganismos eficientes al cultivo de la remolacha, considero estén determinados por una mayor disponibilidad de nutrientes por una parte y por la otra por los aportes que estos materiales pudieran estar haciendo de reguladores del desarrollo (auxinas, giberelinas, citoquininas y otras) que como se ha planteado reiteradamente resultan el aporte mayor de éstos a las plantas y bien se conoce los efectos de estas sustancias hormonales sobre el desarrollo de los cultivos y sobre todo de la armónica integración de crecimiento que procuran. En tal sentido investigaciones realizadas han demostrado que la inoculación con los microorganismos contenidos en el ME pueden mejorar la calidad y la salud de los suelos, el crecimiento, rendimiento y calidad de los cultivos (Madera, et al 2009).

Ferrarisy y Couretot (2004), plantean que el uso de microorganismos aplicados como alternativa en el desarrollo de los cultivos, podría ser una estrategia válida para alcanzar condiciones de suficiencia nutricional, mientras se implementan esquemas de fertilización que permitan aumentar la disponibilidad de estos nutrientes en los suelos.

7.2.2. Experimento II. Zanahoria (*Daucus carota* L), variedad New Kuroda.

Los valores de masa fresca y seca de la raíz carnosa en gramos se presentan en la tabla 10, como se observa los mayores valores de masa fresca se obtienen al coinocular Micorrizas y Microorganismos eficientes con 575 g, que difiere significativamente del resto de los tratamientos, en tanto, la inoculación simple de los biofertilizantes estudiados no difieren entre si, pero si del testigo, similares resultados se aprecian en la masa seca de la raíz carnosa cuyo mayor valor también corresponde a la coinoculación de los biofertilizantes estudiados, pudiendo estar relacionado con una mayor producción de biomasa producto del balance entre la fotosíntesis y la respiración, al respecto Vázquez y Torres (1995), infieren a la acción de las sustancias de crecimiento y al balance entre la fotosíntesis y la respiración de la planta, el aumento en la masa seca como parte del crecimiento.

Tabla10: Comportamiento de la masa fresca y seca de la raíz carnosa (g).

| Tratamientos | Variables de estudio | |
|--------------|------------------------------------|----------------------------------|
| | Masa fresca de la raíz carnosa (g) | Masa seca de la raíz Carnosa (g) |
| 1 | 443 ^c | 43 ^c |
| 2 | 489 ^b | 59 ^b |
| 3 | 505 ^b | 57 ^b |
| 4 | 575 ^a | 68 ^a |
| Ex | 27.36 | 5.17 |
| p | 0.01 | 0.01 |

Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos.

El comportamiento del rendimiento y sus componentes se presenta en la tabla 11, donde se observa que el mayor valor del diámetro de la raíz carnosa se obtuvo en el T4 (Inoculación combinada de Micorrizas + Microorganismos Eficientes) con 4.45 cm el cual difiere significativamente del resto de los tratamientos, observándose que los tratamientos 2 y 3 (inoculación simple de Micorrizas y Microorganismos Eficientes) no difieren entre sí pero si del resto de los tratamientos.

En cuanto al peso de la raíz carnosa los mejores resultados se obtienen cuando se aplica de forma simple y combinada los productos biofertilizantes estudiados destacándose el T4 con 20.54 cm de longitud el cual difiere significativamente del resto de los tratamientos, (observar tabla11).

El peso de la raíz carnosa no mostró diferencias significativas entre los tratamientos donde se realizó la inoculación simple de biofertilizantes pero si entre estos y el testigo (observar tabla 11). La inoculación combinada muestra los mejores resultados con 152.2 g, la cual no difiere significativamente de la inoculación simple de Microorganismos eficientes pero si del resto de los tratamientos,

El mayor rendimiento se obtuvo con la inoculación combinada de Micorrizas + Microorganismos Eficientes con 9.13 kg/m², evidenciándose una tendencia al incremento del rendimiento con la inoculación simple y combinada de Micorrizas y Microorganismos Eficientes, lo cual consideramos que se deba al efecto estimulador de estos productos en el crecimiento del cultivo, coincidiendo en tal sentido con Xu et al., (2000) y Priyadi et al., (2005), manifiestan que la inoculación de Microorganismos Eficientes al ecosistema suelo/planta mejora el crecimiento, el rendimiento y la calidad de los cultivos y las propiedades del suelo, (observar tabla11).

Los incrementos que produjo la coinoculación con respecto a las inoculaciones individuales, en cada una de las variables de rendimiento estudiadas demuestran que la inoculación mixta superó los efectos de las inoculaciones simples de Micorrizas y Microorganismos Eficientes, propiciando los mayores incrementos en el rendimiento del cultivo. El efecto individual de los microorganismos fue potenciado con la inoculación conjunta de ambos, funcionando exitosamente la trilogía simbiótica hongo – Microorganismos eficientes- planta, lo cual demuestra, el sinergismo que se establece entre estos microorganismos cuando se añaden de forma simultanea, resultados estos, que concuerdan con Díaz – Franco *et al.* (2000), quienes señalan que la coinoculación de más de un microorganismo benéfico trae aparejado interacciones sinérgicas que

repercuten en el aumento del crecimiento, desarrollo, toma de nutrientes y en los rendimientos del cultivo.

Tabla 11: Rendimiento y sus componentes en el cultivo de la zanahoria.

| Tratamientos | Variables de estudio | | | |
|--------------|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|
| | Diámetro de la raíz carnosa (cm) | Longitud de la raíz carnosa (cm) | Peso de la raíz carnosa (g) | Rendimiento (kg/m ²) |
| 1 | 3.46 ^c | 16.15 ^d | 115.0 ^c | 6.90 ^d |
| 2 | 3.94 ^b | 17.00 ^c | 131.5 ^b | 7.89 ^c |
| 3 | 4.28 ^b | 18.78 ^b | 139.9 ^{ab} | 8.39 ^b |
| 4 | 4.45 ^a | 20.54 ^a | 152.2 ^a | 9.13 ^a |
| Ex | 0.21 | 0.97 | 7.08 | 0.46 |
| p | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |

Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos.

7.3. Efectividad económica de la aplicación de productos biofertilizantes.

7.3.1. Determinación de la efectividad económica de la aplicación de biofertilizantes con diferentes niveles de materia orgánica en condiciones de bolsas en el cultivo de la zanahoria.

El análisis de la factibilidad económica de la aplicación de diferentes niveles de materia orgánica, así como la inoculación simple y combinada de biofertilizantes (*EcoMic*® y Microorganismos Eficientes) en el cultivo de la zanahoria en condiciones de bolsas, muestra resultados económicos favorables evidenciados por la obtención de ganancias en cada uno de los tratamientos estudiados, destacando el tratamiento 10 (100 % de suelo + *EcoMic*® + ME) con \$1142.4, (observar tabla 12).

Tabla 12. Valoración económica de los resultados obtenidos en el cultivo de la zanahoria en condiciones de bolsas.

| Tratamientos. | Rend. Kg/m ² | Producción | Ingresos \$ | Gastos \$ | Ganancia. \$ |
|---------------|----------------------------|------------|----------------|--------------|-----------------|
| 1 | 8.26 | 165.2 | 1075.4 | 139.12 | 936.28 |
| 2 | 8.73 | 174.6 | 1136.6 | 159.12 | 977.48 |
| 3 | 8.64 | 172.8 | 1124.9 | 179.12 | 945.78 |
| 4 | 9.60 | 192.0 | 1249.9 | 141.62 | 1108.2 |
| 5 | 9.72 | 194.4 | 1265.5 | 161.62 | 1103.8 |
| 6 | 9.26 | 185.20 | 1205.6 | 181.62 | 1023.9 |
| 7 | 9.42 | 188.4 | 1226.4 | 149.12 | 1077.2 |
| 8 | 9.30 | 186.0 | 1210.8 | 169.12 | 1041.7 |
| 9 | 8.76 | 175.20 | 1140.5 | 189.12 | 951.3 |
| 10 | 9.99 | 198.8 | 1294.1 | 151.62 | 1142.4 |
| 11 | 9.79 | 195.8 | 1274.6 | 171.62 | 1102.9 |
| 12 | 9.10 | 182.0 | 1184.8 | 191.62 | 993.18 |

7.3.2. Evaluación de la efectividad económica de la aplicación de productos biofertilizantes en diferentes especies hortícolas en condiciones de organopónico.

7.3.2.1. Experimento I: Remolacha (*Beta vulgaris* L), variedad Crosby, en asociación con el cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa* L), variedad Black Seeded Simpsom (BSS).

En la Tabla 13 se muestra el análisis económico, en el cual se aprecia en todos los tratamientos la obtención de ganancias, siendo el tratamiento Testigo quien obtuvo la menor ganancia con \$ 275.82 MN estando influenciada la misma por los menores

rendimientos obtenidos en ambos cultivos, resultando el tratamiento ME (4ml/m²) el de mejores resultados económicos con \$ 397.96 MN.

Álvarez, J.; Liriano, R. y Núñez, Dania (2005) obtuvieron ganancias en condiciones de organopónico cuando aplicaron de forma simple y combinada los biofertilizantes Micorrizas y *Azospirillum*, al respecto Álvarez (2005) plantea que las respuestas en incremento de las cosechas por la aplicación de biofertilizantes pueden ser variables e impredecibles y no parecen constituir para las unidades de producción organopónicas un problema económico serio, a los precios actuales de venta al consumidor.

Tabla13: Resultados económicos de los cultivos remolacha con lechuga intercalada

| Tratamientos. | Cultivos | Rend. Kg/m ² | Producción | Ingresos \$ | Gastos \$ | Ganancia. \$ |
|---------------|-----------|-------------------------|------------|-------------|-----------|--------------|
| 1 | Lechuga | 2,41 | 65.07 | 232.95 | 60.4 | 182.91 |
| | Remolacha | 2.75 | 74.25 | 152.95 | | 92.91 |
| 2 | Lechuga | 2.86 | 77.22 | 276.44 | 62.20 | 214.24 |
| | Remolacha | 3.77 | 101.79 | 209.68 | | 147.48 |
| 3 | Lechuga | 3.21 | 86.67 | 310.27 | 63.50 | 246.77 |
| | Remolacha | 3.86 | 104.22 | 214.69 | | 151.19 |
| 4 | Lechuga | 2.77 | 74.79 | 267.74 | 68.50 | 199.24 |
| | Remolacha | 3.01 | 81.27 | 167.41 | | 98.91 |

7.3.2.2. Experimento II. Zanahoria (*Daucus carota* L), variedad New Kuroda.

El análisis de la factibilidad económica de la aplicación simple y combinada de biofertilizantes (Micorrizas y Microorganismos Eficientes) en el cultivo de la zanahoria en condiciones de organopónico, muestra resultados económicos favorables avalados por la obtención de ganancias, destacando el tratamiento 4 (Inoculación combinada Micorrizas-Microorganismos Eficientes) con \$ 891.55, (observar tabla 14).

Tabla 14. Valoración económica de los resultados obtenidos en el cultivo de la zanahoria en condiciones de organopónico.

| Tratamientos. | Rend. Kg/m² | Producción | Ingresos \$ | Gastos \$ | Ganancia. \$ |
|----------------------|-----------------------------------|-------------------|------------------------|----------------------|-------------------------|
| 1 | 6.90 | 110.4 | 718.70 | 50.90 | 667.80 |
| 2 | 7.89 | 126.24 | 821.82 | 52.22 | 769.6 |
| 3 | 8.39 | 134.24 | 873.90 | 53.54 | 820.36 |
| 4 | 9.13 | 146.08 | 950.98 | 54.86 | 891.55 |

En sentido general, los resultados económicos obtenidos en el cultivo de la zanahoria, están dados por el incremento de los rendimientos, a partir de la inoculación simple y combinada de Micorrizas y Microorganismos Eficientes, como productos biofertilizantes, los cuales no contaminan el medio ambiente y nos permiten obtener un producto agrícola sano y de mayor calidad, lo que resulta de gran importancia para la agricultura actual constituyendo a su vez un mecanismo más viable desde el punto de vista económico.

8. CONCLUSIONES

1. Existe una evidente respuesta en cada una de las variables evaluadas en el cultivo de la zanahoria a la aplicación de biofertilizantes a base de *EcoMic*® y Microorganismos Eficientes (ME), con bajos niveles de materia orgánica, obteniéndose los mejores resultados con el tratamiento 10 (100 % de suelo + *EcoMic*® + ME).
2. En la asociación Lechuga-Remolacha se manifiesta una respuesta positiva en los rendimientos de ambos cultivos con la inoculación simple de Micorriza y Microorganismos Eficientes a una dosis de 4 ml/m².
3. La coinoculación de Micorrizas y Microorganismos Eficientes mostró los mayores valores en el rendimiento y sus componentes en el cultivo de la zanahoria en condiciones de organopónico.
4. En los experimentos realizados se alcanzan resultados económicos favorables, que demuestran el manejo de productos biofertilizantes y materia orgánica como una alternativa económica, ecológica y sostenible para la producción del cultivo de especies hortícola en condiciones de Agricultura Urbana.

9. RECOMENDACIONES.

1. Continuar el estudio de la inoculación simple y coinoculación de Micorrizas y Microorganismos Eficientes, en otras especies hortícolas en condiciones de organopónicos.
2. Profundizar en la caracterización microbiológica del inóculo estudiado, a fin de explicar con mayor precisión sus posibles efectos bioestimulantes.

10. BIBLIOGRAFÍA

1. Álvarez, J. L. 2005. Comportamiento de la aplicación de productos biofertilizantes en el cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa*, L.) en condiciones de organopónico. Tesis en opción al título de Master en Agroecología y Agricultura Sostenible. Universidad Agraria de la Habana “Fructuoso Rodríguez”. 67p.
2. Anónimo, 2003. La Filosofía del Dr. Higa. Disponible en: <http://em.iespana.es/detalles/detalles.html>. [Consulta: octubre, 24, 2008].
3. Anónimo, 2007. La materia orgánica del suelo. Disponible en: QuimiNet.com. [Consulta: febrero, 3, 2008]
4. Anónimo, 2007. La materia orgánica del suelo. Disponible en: QuimiNet.com. [Consulta: febrero, 3, 2008]
5. Barreras, R. 2008. La agricultura urbana, seguridad alimentaria y nutrición. Periódico Trabajadores, Octubre 1.
6. Baker, T. 1994. Musanews. Infomusa 3(2): 28.
7. Blanco, D y García, Y. 2010. IHPLUS. Plegable Estación experimental “Indio Hatuey”. Matanzas. Cuba.
8. Bosch, H. Agricultura Urbana en Cuba: otro paso de avance en 2006. [en línea] febrero 2006. Disponible en: www.cuba/agricultura.htm. [Consulta: marzo, 2, 2008].
9. Brenes, L. 2003. Producción orgánica: algunas limitaciones que enfrentan los pequeños productores. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología 70: p.7-18.
10. Brokckerhaff, M. 2005. Lograr la seguridad alimentaria y nutricional urbana en el mundo en desarrollo. Disponible en:

http://www.ifpni.org/spanish/2020/focus/focus03/focus03_06sp.htm#top.

[Consulta: febrero, 12, 2008].

11. Cissé, O.; Diop, G. N. y Sy, M. 2005. Institutional and legal aspects of urban agriculture in French-speaking West Africa: from marginalization to legitimization. *Environment and Urbanization*, Vol. 17, No. 2, pp. 143-154. (IDRC 100520).
12. Consuelo Huerres y Nelia Caraballo. 1996. *Horticultura*. Editorial Pueblo y Educación. p 41.
13. Companioni, N. 2003. Sistema para la Horticultura Orgánica. Hidroponía familiar y los Huertos Intensivos. En: *Manual de Agricultura Orgánica Sostenible*. La Habana. FAO. INIFAT. p 66.
14. Companioni, N.; Paez, E.; Ojeda, Y. y Marphy, C. 2001. La Agricultura Urbana en Cuba. En: *Transformando el Campo Cubano. Avance de la Agricultura Sostenible*. ACTAF. Cuba.
15. Copo, Gertrudis. Microorganismos eficientes. [en línea] diciembre 2004. Disponible en: <http://www.expocampoyucatán.com/>. [Consulta: febrero, 25, 2008].
16. Cofcewicz, E. T. e C. A. B. Medeiros. 1994. Interacao entre fungos micorrízicos-VA e *Meloidogyne javanica*: efecto sobre alface cultivada en sucessao ao tomateiros. Florianópolis, SC, Brazil: Univ. Federal Sta. Catarina. Resúmenes V REBRAM. p. 16.
17. Díaz – Franco, A. et al. 2000. Rendimiento de maíz y frijol mediante el uso de
18. biofertilizantes. Reunión Latinoamericana y III Simposio Nacional sobre Simbiosis Micorrízica. Programa y Resúmenes. Guanajuato. México. 90 p
19. FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 1996. *World Food Summit*. Rome.

20. FAO. Cultivo Urbano. [en línea] diciembre 2005. Disponible en: <http://www.fao.org/unfao/bodies/COAG/COAG15/x0076S.htm>. [Consulta: 15, enero, 2008].
21. FAO. Cultivos urbanos <en línea > Julio 2007. disponible en <http://www.FAO.org/unfao/bodies/COAG/COAG15/xoo76s-HTML>
22. Ferraris, G. y Couretot, Lucrecia A. 2004 .Inoculación con promotores de crecimiento y uso de diferentes dosis de fertilizante fosforado en maíz en ambientes con baja disponibilidad de fósforo en el suelo. Disponible en: http://www.rizobacter.com.ar/home/es/ensayos/index.php?subaction=showfull&id=1186143106&archive=&start_from=&ucat=4 Consultado: 20 mayo 2009
23. Ferrer, R. Y R. Herrera. 1991. Breve reseña sobre los biofertilizantes. Ciudad de la Habana: IES-CITMA. 50 p.
24. Figueroa, J. e Izquierdo, J. 2002. Agricultura Urbana en la zona Metropolitana de Santiago de Chile: situación de las Empresas Familiares Hidropónicas – estudios de casos. Santiago Chile. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe.
25. Furrázola, E.; R. Herrera Y R. L. Ferrer. 1992. Ubicación taxonómica de cinco cepas de hongos micorrizógenos vesículo- arbusculares cultivados en el cepario del IES-ACC. Resúmenes de BIOFERTRO'92.-- Ciudad de la Habana: IES. p. 37.
26. Florez, G. D. y Jimenez, C. H. 2007. Efecto de los microorganismos eficientes sobre las características del suelo y su incidencia en el desarrollo de zanahoria (*Daucus carota* L.) en un andisol. Tesis en opción al título de Ingeniería Agrónoma. Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín Facultad de Ciencias Agropecuarias. 28 p.

27. Francl, L. J. and V. H. Dropkin. 1985. *Glomus fasciculatum* a weak pathogen of *Heterodera glycines*. J. Nematol. 17: 470-475.
28. Grupo Nacional de Agricultura Urbana. 2001. Lineamientos para los Subprogramas de la Agricultura Urbana para el año 2003 y sistema evaluativo. Ministerio de la Agricultura. La Habana. 96 p.
29. Grupo Nacional de Agricultura Urbana (GNAU). 2007. Manual Técnico de Organopónicos, Huertos Intensivos y Organoponía Semiprotegida. ACTAF. INIFAT, MINAG. La Habana, Cuba. p 5- 25.
30. Hamel, C.; C. Nesser; U. Barrantes-Cartin and D. L. Smith. 1991. Endomycorrhizal fungal species mediate N transfer from soybean to maize in non-fumigated soil. Plant and Soil 138:41-47.
31. Higa, T. 1993. The Use of Agriculture of EM and Sustainability (versión by Lee, K. H.), p. 75. Disponible en: <http://www.emmexico.com/emagricultura.pdf> [Consulta Mayo 17th, 2009].
32. Higa, T. 1994. Effective Microorganisms: A biotechnology for mankind. In J.F. Parr, S.B. Hornick, y C.E. Whitman (eds.). Proceedings of the First International Conference on Kyusei Nature Farming. U. S. Department of Agriculture, Washington, DC. p. 8- 14.
33. Huerres, Consuelo. 2002. Producción de Hortalizas. Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas. Villa Clara, Cuba. 41 p.
34. IES (Instituto de Ecología y Sistemática). 1995. MicoFert®. Biofertilizante micorrizógeno. Ciudad de La Habana, Cuba. 8 p.
35. INCA (Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas). 1998. Dossier del producto EcoMic®. Resultados de las campañas de validación. La Habana, Cuba. 45 p.

36. INCA. 2002. Biofertilizante EcoMic®. Una alternativa ecológica para sus cultivos. Plegable. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. La Habana. Cuba.
37. JATALA, P. 1986. Biological control of plant-parasitic nemátodes. Ann. Phytopathol. 24:453-489.
38. Liriano, R. 2005. Aplicación de biofertilizantes como alternativa nutricional, ambiental y económica en la agricultura urbana. Tesis presentada en opción al título de Doctor en Ciencias Agrícolas. Doctorado de cooperación en "Gestión Ambiental y Desarrollo Sostenible". Universidad de Girona. España. 157 p.
39. López, F. 2000. El País espera por la respuesta de los orientales en el año 2000. Periódico Granma, miércoles 26 de enero: 2.
40. Lorenzatti, S. La Agricultura del futuro: Adelantos del XII Congreso de AAPRESID. [en línea] agosto. 2005. Disponible en: Clarín.com. [Consulta: enero, 21, 2008].
41. Lovato, P. E.; J. P. Guillemín; A. Trouvelot; V. Gianinazzi-Peaerson e S. Gianinazzi. 1994. Micorizcao de plantas micropropagadas. Florianópolis, SC, Brazil: Univ. Federal Sta. Catarina. Resúmenes V REBRAM. p. 97.
42. Madera, T. Millas, R. & Tabora, P. 2009 The beneficial *microorganisms contained in EM* produce plant hormones, may have been healthier because of *the inoculation* of beneficial *microorganisms*. Disponible en: www.effectivemicroorganismstechnology.com/page5.html - 126k -
43. [Consulta junio, 03, 2009].
44. Martínez, F.; Calero, B. J.; Nogales, R. y Rovesti, L. 2002. Capítulo 1 Materia Orgánica. En: Manual de Lombricultura.

45. Márquez, Z. Huerto urbano. Cultivar en casa. [en línea] febrero 2009. Disponible en:<http://www.mailxmail.com/curso/vida/huertourbano/capitulo9.htm>. [Consulta: abril, 28 2011].
46. Medina, N. 2006. Los biofertilizantes y el manejo sostenible de la fertilidad del suelo. En Vi Congreso Sociedad Cubana de las Ciencias del Suelo (16, 2006 mar 8 – 10. La Habana). Memorias CD –ROM Sociedad Cubana de las Ciencias del Suelo. ISBN 959-7023-35-0.
47. MINAGRI. 2002. Grupo Nacional de Agricultura Urbana. VII Encuentro Nacional de Agricultura Urbana. Informe Central. Enero-Febrero.
48. MINAGRI. 2003. Grupo Nacional de Agricultura Urbana. Informe a La Asamblea Nacional del Poder Popular. La Habana. Cuba.
49. Mougeot, L. 2000. Urban agriculture: definition, presence, potentials and risks. En Bakker, N.; Dubbeling, M.; Gundel, S.; Sabel Koschella, U.; de Zeeuw, H., ed., Growing cities, growing food: urban agriculture on the policy agenda. Cities Feeding People, IDRC, Ottawa, Canadá. CFP Report No. 31.
50. Nogueira, A. V. e P. J. Harris. 1994. Micorrizas e metais pesados.- Florianópolis, SC, Brazil: Unv. Federal Sta. Catarina. Resúmenes V REBRAM. p. 80.
51. Nigoul, M. Definición de materia orgánica del suelo. [en línea] febrero 2005. Disponible en: www.manualdelombricultura.com. [Consulta: febrero, 2, 2008].
52. Núñez, Dania. 2005. Evaluación de la aplicación de productos biofertilizantes en condiciones de agricultura urbana. Tesis presentada en opción al grado científica de Master en Agroecología y Agricultura Sostenible. UNAH-UMCC. 64p
53. Parra, Yanet. y Cueva, F. 2002. Potencialidades de Azospirillum como inoculante para la agricultura. Cultivos Tropicales, 2002, Vol. 23, no 3, p. 31-41.

55. Pilates, M. Tecnología de los microorganismos eficientes. [en línea] enero 2008. Disponible en: www.martinguidofitness.com. [Consulta: 4, septiembre, 2007].
56. Pino, M. 2003. Estudio Post Doctoral "Fitomejoramiento participativo en la Agricultura Urbana de La Habana, Cuba. Programa AGROPOLTS, IDRC – Canadá. 21 p.
57. Primavessi, Ana Maria. 1990. Os beneficios de materia orgânica decomposição y do humus. En: Manejo Ecológico do solo Agricultura em regiões tropicais. São Paulo. Editorial Noble, 9 Edicao, p 124-126.
58. Priyadi, K.; Hadi, A.; Siagian, T.H.; Nisa, C.; Azizah, A.; Inubushi, K. y Raihani, N. 2005. Effect of soil type, applications of chicken manure and effective microorganisms on corn yield and microbial properties of acidic wetland soils in Indonesia. Soil Sci. Plant Nutr. 51: p.689-691.
59. Recomenza, C. y Angarica, Lidia. 2003. Introducción a la Economía Agrícola. Universidad Agraria de La Habana. p 122.
60. Rodríguez Nodals A. 2008. La Agricultura Urbana en Cuba como un Movimiento Agroecológico. VII Encuentro de la Agricultura Orgánica Sostenible. Hotel Nacional de Cuba, La Habana, 13 al 16 de Mayo.
61. Rodríguez, A . Amplia participación de cubanos en la agricultura urbana. [en línea] junio 2010. Disponible en: <http://www.cadenagramonte.cu/undefined/>. Consultado 20 de marzo 2011.
62. Rodríguez, Yakelin.; Varano, Aida.; Mena, Ivonne.; Medina, Aracelis. y Fernández, F. 2002. Caracterización Bioquímica de la interacción del tomate

- variedad Amalia con seis especies de hongos micorrízicos arbusculares, XIII. Congreso Científico. Programa y Resúmenes. INCA. Habana, Cuba. p 62.
63. Rodes, Rosa y Collazo, Margarita. 2006. Manual de prácticas fotosintéticas
64. Ruíz, L. 2001. Efectividad de las asociaciones micorrízicas en raíces y tubérculos en suelos Pardos y Ferralíticos rojos de la Región Central de Cuba. La Habana. 100 h. Tesis (en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas). INCA.
65. Ruiz, L.; R. Rivera, J. Simo Y Dinorah Carvajal. 2006. Nuevo método de inoculación con micorrizas en las raíces y tubérculos tropicales. XV Congreso del INCA. La Habana, Cuba. 4p.
66. Safir, G. R. 1980. Vesicular-arbuscular mycorrhizae and crop productivity. New York: Academic Press. p.51-57
67. Sánchez, C.; R. Rivera; C. González; R. Cupull; R. Herrera Y M. Varela. 2000. Efecto de la inoculación de HMA sobre la producción de posturas de cafetos en tres tipos de suelos del macizo montañoso de Guamuaya. Cultivos Tropicales 21 (3): 5-13.
68. Sangiacomo, M. A. 2005. Zanahoria "*Daucus carota*". Departamento de Tecnología. Producción Vegetal III (Horticultura). Universidad Nacional de Luján. Argentina. p 64- 4.
69. Serre, M. Santé et Nutrition. [en línea] 2010. Disponible en: <http://www.saveursdumonde.net/produits/articles/carotte-nutrition/> [Consulta: mayo 9 2011].
70. Shuichi Okumoto. Red de Agricultura Natural de para la Región Asia / Pacífico. (APNAN). Manual de Aplicación. Traducción del manual editado por EM

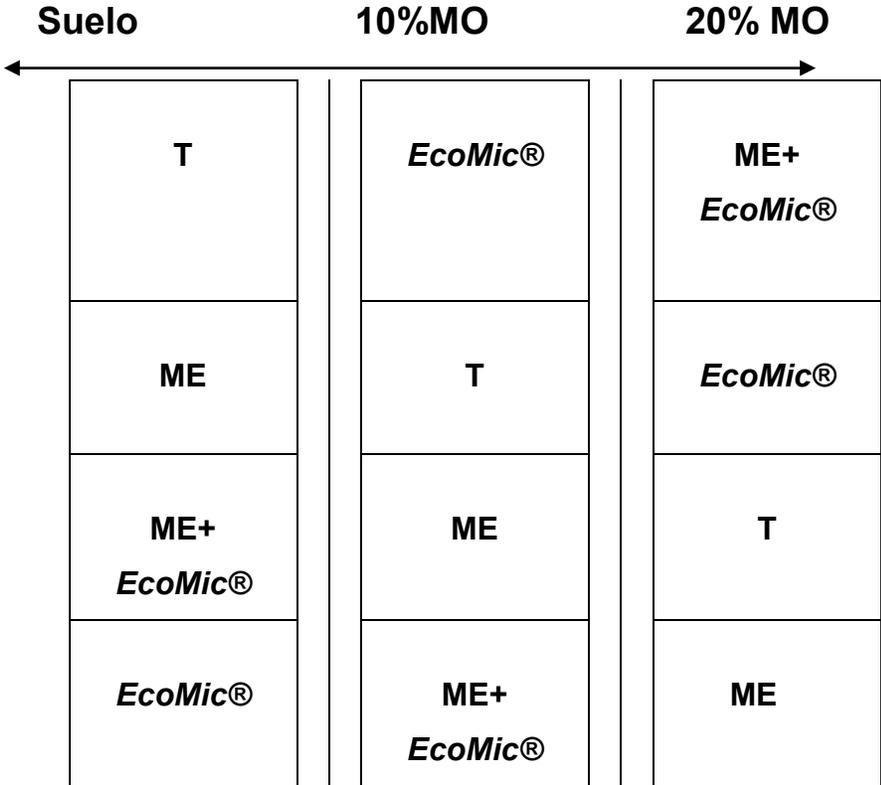
technologies Inc. . [en línea] 2009.Disponible en:
<http://em.iespana.es/manuales/apnan/apnan.html> [consulta Abril, 11, 2009].

71. Siqueira, J. O. e A. A. Franco. 1988. Biotecnología do solo. Fundamentos e perspectivas. Brasilia: Ed. MEC-ESAL-FAEPE-ABEAS. p.125-177.
72. Sieverding, E. 1991. Vesicular Arbuscular Mycorrhiza in Tropical Agrosystem. Deutsche Gesellschaft fur techniische Zusammenarbeit (GTZ) GMBH, Federal Republic of Germany. 371 p.
73. Thomas, L.; B. C. Mallesha and D. J. Bagyarat. 1994. Biological control of Damping off of Cardamon by the VA mycorrhizal fungus *G. fasciculatum*. Microbial. Reseach 149(4): 413-417.
74. Uribe, Z. M. 2005. Agricultura Urbana: una propuesta para el mejoramiento socioambiental e ingresos complementarios a partir de la experiencia de la comuna 14 de Cali. Tesis. Universidad del Valle
75. Vázquez, Edith y Torres, S. 1995. Fisiología vegetal. Editorial pueblo y Educación. La Habana, Cuba. P 289
76. Vidal, A., José. 2005. Enciclopedia básica visual. Editorial: Océano. Tomo VIII. p. 37-44.
77. Xu, H. L.; Wang, R. y Mridha, M. A. U. 2000. Effects of organic fertilizers and a microbial inoculant on leaf photosynthesis and fruit yield and quality of tomato plants. J. Crop Prod. 3(1):p. 173-182

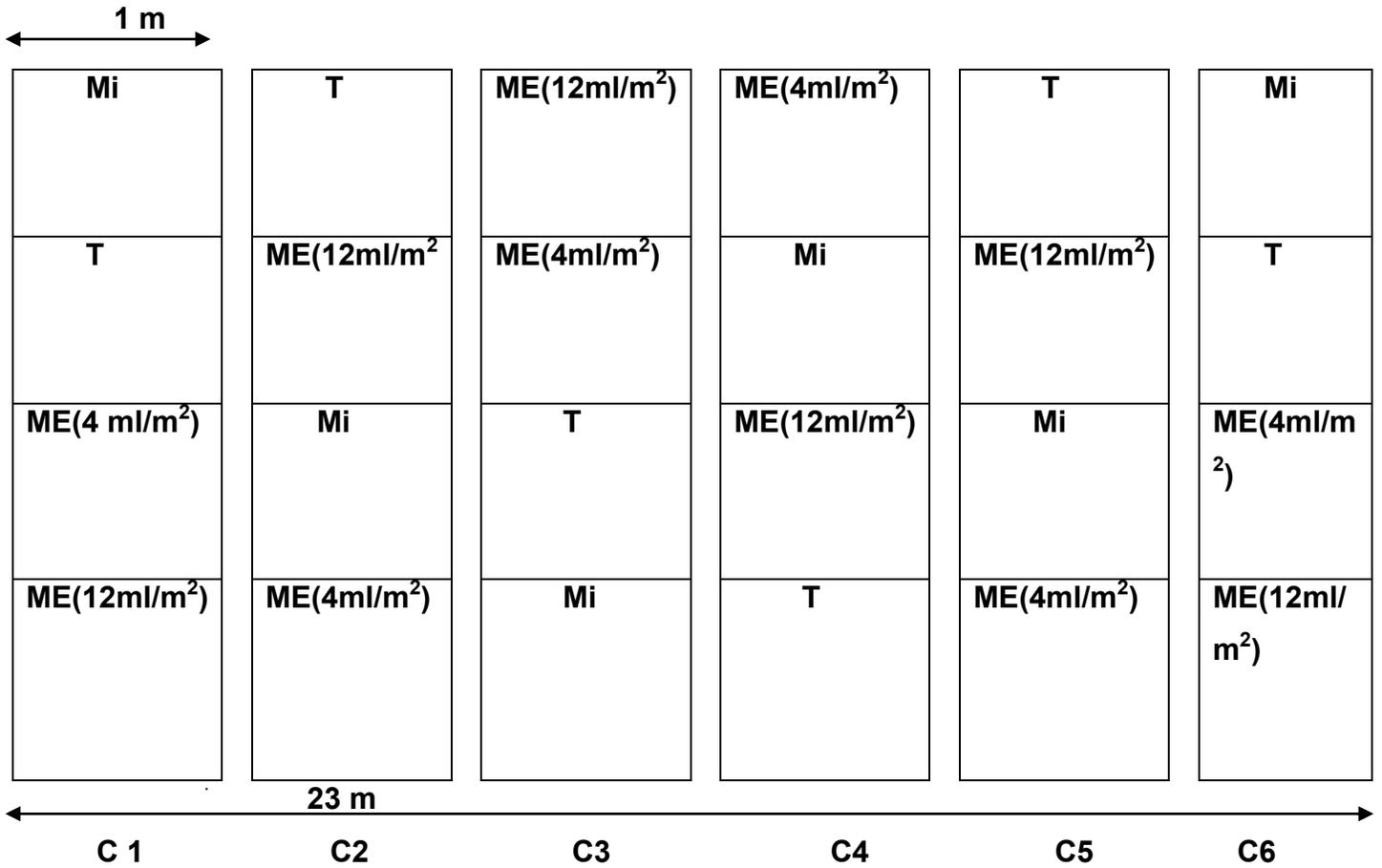
ANEXOS

Anexo 1. Diseño Experimental.

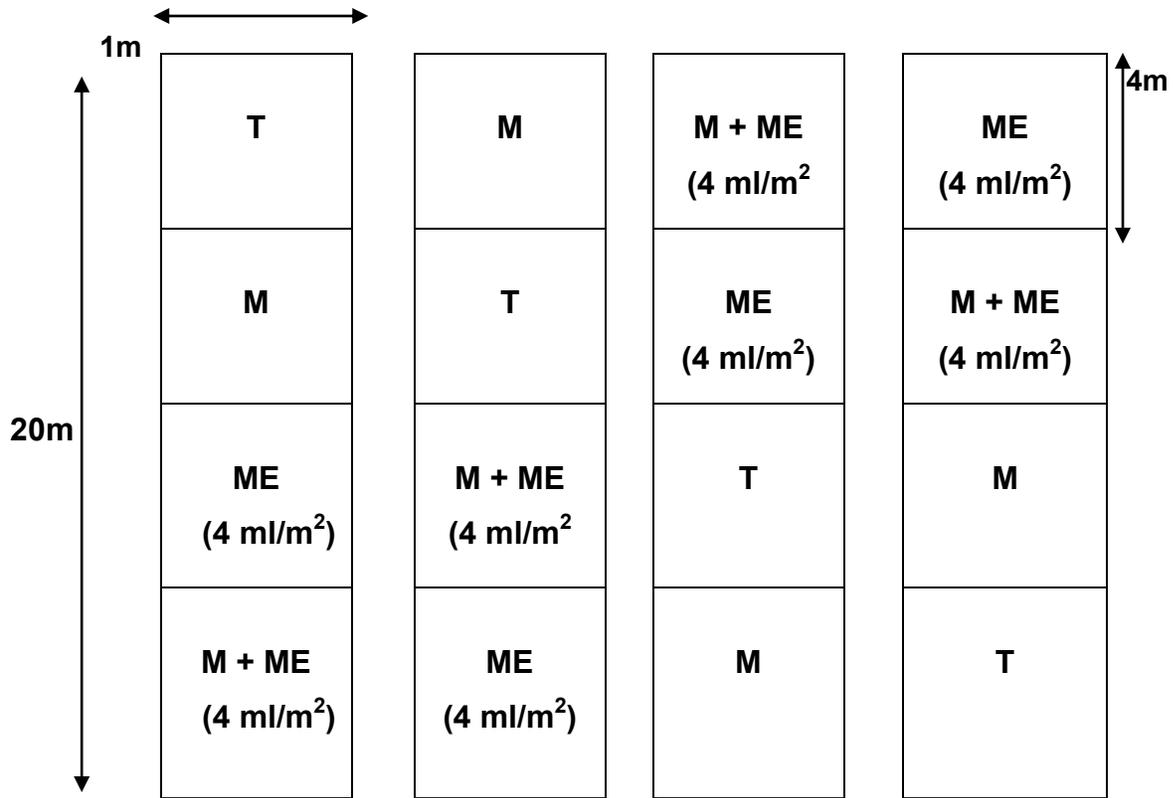
COMPONENTES DEL SUSTRATO DE LAS BOLSAS.



Anexo 2. Diseño Experimental experimento I.



Anexo 3. Diseño Experimental experimento II



Anexo 4. Tecnología utilizada por el productor para la elaboración de los microorganismos Eficientes



Bosque



Hoja rasca



Materiales para la elaboración de ME



Mezcla de componentes en la preparación del inóculo sólido



inóculo sólido



inóculo liquido



Cierre hermético del depósito



Almacenaje