

INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIAS AGRICOLAS
DEPARTAMENTO DE BIOFERTILIZANTES Y NUTRICIÓN DE
LAS PLANTAS.



RESPUESTA DEL TOMATE (*Solanum lycopersicum L.*) A LA
APLICACIÓN COMBINADA DE HONGOS MICORRÍZICOS
ARBUSCULARES, UN ESTIMULADOR DEL CRECIMIENTO Y
FERTILIZANTES MINERALES

Tesis en opción al Título Académico de Maestro en Ciencias
en Nutrición de las Plantas y Biofertilizantes.

Autor: Ing. Bárbara Rodríguez González

Tutor: Dr. C Rodolfo R. Plana Llerena

La Habana

2009

AGRADECIMIENTOS

- ❖ A mi esposo y mi hijo, por brindarme su apoyo y por estar siempre a mi lado.
 - ❖ A mi tutor Dr. Rodolfo Plana, por brindarme sus conocimientos, su apoyo incondicional y decisivo para la realización de esta tesis.
 - ❖ A mi profesor Dr Adriano Cabrera, por su valiosa colaboración en la realización de esta investigación.
 - ❖ A mi profesor Msc. Ramón Montano, por sus valiosos y oportunos consejos en la decisión de realizar estos estudios de maestría.
 - ❖ A todos mis compañeros del ICIDCA, que en todo momento me brindaron su ayuda y sus conocimientos en la realización de esta investigación, muy en especial a Grizel Delgado, Pilar Villa, Gloria Bueno y Mauricio Ribas.
 - ❖ A los técnicos del INCA trabajadores de los laboratorios en los cuales tuve que realizar análisis de muestra, Fisiología, Biofertilizantes, agroquímica que me brindaron su grandiosa ayuda desinteresada.
 - ❖ A los trabajadores y directivos del Autoconsumo Las Papas.
 - ❖ A Tirso Saenz, por revisar la parte económica de esta tesis.
 - ❖ A los profesores del INCA que impartieron los créditos de esta maestría, en especial a su coordinador Dr. Nicolás Medina, por su preocupación y guía durante estos años.
 - ❖ A mis amigos Kirenia y Noel Zaldival por sus esfuerzos y colaboración para la culminación de esta investigación.
 - ❖ A todos lo que de una forma u otra participaron en la culminación satisfactoria.
 - ❖ Al MrC. Pedro González por sus valiosos y oportunas observaciones.
 - ❖ A Gloria Martin por su generosa ayuda a pesar de estar enferma.
- A todos muchas gracias desde lo mas profundo de mi corazón.

Citación adecuada

Rodríguez, B. Respuesta del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) a la aplicación combinada de hongos micorrízicos arbusculares, un estimulador del crecimiento y fertilizantes minerales [Tesis en Opción del Grado Académico de Maestro en Ciencias] La Habana: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, 2009. 67 p.

1. Introducción

En Cuba la producción de hortalizas se ha convertido no solo en un medio para obtener ingresos económicos sino también en una vía para mejorar el régimen alimenticio de los habitantes de zonas urbanas y campesinas a la vez que conserva y mejora el medio ambiente al emplear tecnologías apropiadas a las condiciones de cada localidad en plena consonancia con los principios de la agroecología (López y col., 2003.)

Entre las hortalizas el tomate (*Solanum lycopersicum* L.) tiene gran importancia económica y alimentaria a nivel mundial, es uno de los componentes más frecuentes de la dieta alimentaria estando generalizado su uso en el arte culinario por su sabor, aroma y color, considerado una de las fuentes principales de vitaminas y minerales (Hernández y Chailloux, 2004).

La producción global oscila en más de 408 millones toneladas métricas en una superficie de alrededor de 15 817023 hectáreas (FAOSTAT, 2007). En Cuba, Moya y col. (2006) obtuvieron rendimientos que oscilaron entre 37 – 45 t.ha⁻¹ con la tecnología tradicional de producción.

En la actualidad en Cuba se cultivan 57082 ha, cifra por debajo de las áreas cultivadas en el año 2005 que fue 60,000 ha de tomate (FOASTAT,2005), su producción alcanza las 627 900 t (FAOSTAT, 2007);

En los últimos años, se ha incrementado el consumo y la demanda por los consumidores a lo largo de todo el país, por lo que se hace necesario aumentar los rendimientos del cultivo del tomate con la utilización de un suministro adecuado de nutrientes al agroecosistema con el menor daño posible.

Desde el punto de vista tecnológico, actualmente en el mundo se identifican tres sistemas de producción agrícola, a saber: el convencional o de altos insumos, el de transición hacia una producción ecológica, el cual se fundamenta en la incorporación paulatina de insumos no contaminadores del medio ambiente, en sustitución parcial de productos agresivos al agroecosistema y, el sistema de producción orgánica, en el cual se prescinde totalmente de los productos químicos (Altieri, 1997).

La fertilización en Cuba se concibe como la aplicación racional de fertilizantes minerales asociados a abonos orgánicos y verdes, residuos agrícolas y biofertilizantes, no sólo para disminuir la carga ambiental negativa, sino también para propiciar un incremento de la eficiencia económica del cultivo y consecuentemente de su sostenibilidad, lo cual ha devenido últimamente esencial debido al incremento desproporcionado en los costos de estos insumos (Heredia, 2006).

Según Martínez (1994), la agricultura moderna e intensiva en los países subdesarrollados debe tender a combinar la utilización de cantidades reducidas de fertilizantes minerales con biofertilizantes de origen microbiano, debido a que los procesos microbiológicos implicados en su acción ofrecen ventajas al ser tecnologías limpias no contaminantes del medio ambiente.

Los hongos micorrizógenos arbusculares (HMA), presentes en cerca del 80 % de los cultivos agrícolas, constituyen uno de los microorganismos del suelo que deben ser considerados en el diseño de sistemas agrícolas sostenibles pues, además de ser componentes inseparables de los agroecosistemas donde tienen diferentes funciones en su asociación con las plantas, pueden constituir sustitutos biológicos de los fertilizantes minerales (Thompson, 1991; Collins y Pflieger, 1992).

Con la búsqueda de productos que ayuden a mantener el equilibrio en el entorno se desarrolló en el Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA) el FitoMas[®] – E, nuevo derivado de la industria azucarera, es un producto con marcadas propiedades antiestrés (Montano, 2002; Montano, 2004). Su respuesta en diversos cultivos sometidos a situaciones estresantes variadas, dan fe de su potencialidad. Este producto se estudia actualmente como sustituto parcial de la fertilización convencional a los cultivos agrícolas (Montano, 2007).

En maíz, cebolla, pimiento, col y caña (Hernández, 2006; Yumar, 2007; Montano, 2008;) y en otros cultivos, se ha puesto de manifiesto que con aplicaciones foliares de este estimulante, a dosis entre 0.75 L.ha⁻¹ y 2 L.ha⁻¹ se obtienen incrementos significativos en rendimientos sin fertilizantes convencionales o con dosis reducidas de estos. Por otra parte también se ha ensayado el uso del estimulante

asociado al EcoMic[®] (inoculante comercial a base de HMA) en los cultivos de boniato y yuca (González, 2008), en los que se reportan disminuciones del 50% y 75% de las normas de fertilización respectivas, sin reducción en los rendimientos.

Sin embargo, los estudios referidos al uso combinado de HMA y el estimulante natural del crecimiento en función de reducir las dosis de fertilizantes no han sido abordados en el cultivo del tomate, de ahí la relevancia de la investigación para las condiciones de los suelos Ferralítico Rojos de La Habana. Para lo cual se planteó la siguiente hipótesis de trabajo: “La aplicación combinada de HMA y estimulante natural del crecimiento contribuye a incrementar los rendimientos y disminuir el suministro de nutrientes vía fertilización mineral en el tomate cultivado en suelo Ferralítico Rojo”.

Para dar respuesta a la hipótesis planteada, se propuso como objetivo general y específicos:

Objetivo General:

Evaluar la influencia de la aplicación combinada de HMA, estimulante natural del crecimiento y fertilizantes minerales en el cultivo de tomate.

Objetivos Específicos:

1. Determinar el efecto simple y combinado de la inoculación de hongos micorrizógenos arbusculares (HMA) y las aplicaciones del estimulante natural del crecimiento y fertilizantes minerales en algunos indicadores del crecimiento, el rendimiento y el funcionamiento micorrízico del tomate.
2. Evaluar la contribución de la aplicación combinada de hongos micorrízicos arbusculares y estimulante natural del crecimiento a la reducción de las dosis de fertilizante mineral a aplicar al cultivo.

2. Revisión Bibliográfica.

2.1. La Biofertilización.

2.1.1 Generalidades.

El uso indiscriminado de productos agroquímicos en la actividad agrícola, con la supuesta finalidad de mejorar la productividad y la calidad de la producción, puede generar serios desequilibrios en los ecosistemas por la contaminación del suelo, del agua, del aire y los alimentos, lo cual pone en peligro la salud humana (Peña y Torres, 1992).

Diversos ecólogos y agrónomos aseguran que las prácticas agrícolas que toman ventaja de la actividad microbiana del suelo son más eficientes que las prácticas convencionales desde el punto de vista de la utilización de la energía y de los nutrientes (Novo, 2002).

Lo anterior promueve la necesidad de buscar y evaluar fuentes alternativas de fertilización que satisfagan las necesidades nutrimentales de los cultivos. Una variante para beneficiar las siembras, sin causar daño ecológico, es el empleo de microorganismos que se asocian a las plantas o a su entorno, muchos de los cuales se encuentran de forma natural formando parte del sistema radical o del suelo (Viñals y Villar, 1999).

En Cuba se ha puesto en práctica el uso de biofertilizantes producidos a partir de Hongos Micorrízicos Arbusculares (HMA) Fernández *col.* (1999) y Rivera y *col.*(2003), los cuales al establecer la simbiosis con las raíces de las plantas desempeñan una importante función, contribuyendo de forma mas eficiente a su supervivencia y crecimiento, al reducir el stress asociados con la nutrición, las relaciones con el agua, la estructura del suelo, el pH, las sales, los metales tóxicos y los patógenos (Vosatka y *col.*, 1999 y Rai, 2001).

Mayea (1995) señala que los microorganismos utilizados como biofertilizantes tienen un triple papel como suministradores de nutrientes, de fitohormonas y como antagonistas de hongos fitopatógenos.

2.1. 2 Las Micorrizas.

El vocablo Micorriza lo utilizó por vez primera el botánico de origen alemán Albert Bernard Frank (1885) para designar la asociación de hifas a los órganos subterráneos de las plantas superiores; etimológicamente la palabra se ha formado del término griego “Mycos” (hongo) y del vocablo latino “Rhiza” (raíz) descrito por Villaseñor y *col.*, (1998). Este concepto también fue reafirmado por Encina y Barceló (2006).

Las relaciones entre las especies están definidas por la interacción entre cada una de ellas (Bronstein, 1994), considerándose la asociación simbiótica entre los hongos del suelo y las raíces de las plantas como fieles exponentes de un mutualismo clásico, pues existe beneficio recíproco en el intercambio de minerales y productos orgánicos (Smith y Smith, 1996), aunque se puede dar el caso de que en la respuesta de la planta a los rangos de colonización micorrízica se den situaciones positivas, neutrales y negativas.

La simbiosis está caracterizada por una penetración inter e intracelular del hongo en las células corticales de las raíces de la planta, sin modificar la morfología externa del hospedero, y la subsiguiente formación de vesículas del hongo (ausentes en algunas especies) y arbusculos en los tejidos de la raíz (Peterson y Farquhar, 1994).

Aproximadamente mas del 95% de las especies vegetales pueden formar micorrizas, y unas 6000 especies de hongos colonizan las raíces de las plantas para establecer la simbiosis. Esta gran biodiversidad de organismos implicados da lugar a numerosos tipos de micorrizas, que han sido clasificadas en base a criterios morfológicos, fisiológicos y taxonómicos. De esta manera se pueden distinguir así tres grupos fundamentales según la estructura de la micorriza formada: Ectomicorrizas, Ectendomicorrizas y Endomicorrizas (Read,1999).

2.1. 3 Los Hongos micorrízicos Arbusculares (HMA).

Los HMA se encuentran ampliamente distribuidos desde los trópicos hasta el ártico (Perry, 1990) y se han encontrado en *Briophytas*, *Pteridophytas*, Angiospermas y Gimnospermas, colonizando a más del 95% de las especies vegetales de interés agrícola (Azcón - Aguilar y col., 2001; Smith y Read, 1997).

Se estima que la mayoría de las plantas superiores presentan esta simbiosis de forma habitual, y lo más probable es que las restantes descendan de plantas micorrizadas que han perdido secundariamente esta característica. Fernández (2006) refiere que la micorrización posibilita que el hongo reciba carbohidratos y vitaminas de las plantas, esenciales para su desarrollo, mientras que las plantas se benefician de diversas maneras. Los HMA se clasifican taxonómicamente de la siguiente manera (tabla 1).

Tabla 1. Clasificación Taxonómica según Schübler (2009).

| | | |
|------------------------|--------------------------|---|
| Reino Glomeromycota | | |
| Clase Glomeromycetes | | |
| Ordenes | Familias (13) | Géneros (19) |
| <i>Glomerales</i> | <i>Glomeraceae</i> | <i>Gigaspora</i> |
| <i>Diversisporales</i> | <i>Gigasporaceae</i> | <i>Scutellospora</i> |
| | <i>Scutellosporaceae</i> | <i>Racocetra & Cetraspora</i> |
| | <i>Racocetraceae</i> | <i>Dentiscutata & Fuscutata & Quatunica</i> |
| | <i>Dentiscutataceae</i> | <i>Acaulospora & Kuklospora</i> |
| | <i>Acaulospora</i> | <i>Entrophospora</i> |
| | <i>Entrophosporaceae</i> | <i>Pacispora</i> |
| | <i>Pacisporaceae</i> | <i>Diversispora & Otospora</i> |
| | <i>Diversisporaceae</i> | <i>Paraglomus</i> |
| <i>Paraglomerales</i> | <i>Paraglomeraceae</i> | <i>Geosiphon</i> |
| <i>Archaeosporales</i> | <i>Geosiphonaceae</i> | |
| | <i>Ambisporaceae</i> | <i>Ambispora</i> |
| | <i>Archaeosporaceae</i> | <i>Archaeospora & Intraspora</i> |

La utilización de los hongos micorrízicos como alternativa biológica no implica que se pueda dejar de fertilizar, sino que la fertilización se haga más eficiente y puedan disminuirse las dosis a aplicar, al incrementar el porcentaje de absorción de los nutrientes por las plantas (Walker y col., 1990).

Sánchez y col. (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 desoxirribonucleico (ADN).

Son múltiples y variados los efectos benéficos que se le atribuyen a los HMA, abarcando aspectos que van desde los nutricionales y del desarrollo vegetativo hasta los relacionados con la protección de las plantas, no todos estudiados con la misma profundidad ni logrando uniformidad de criterio ente los investigadores, dado esto por la existencia de interacciones múltiples entre los HMA, las plantas, el suelo, la microflora y la microfauna y el ambiente circundante (Pulido, 2002)

La inoculación de las plantas con hongos micorrízicos provoca, de forma general, un marcado incremento en los procesos de absorción y traslocación de nutrientes tales como: P, N, K, Ca, Mg, Zn, Cu, B y Mo (Koide, 2000; Hernández y col., 2002).

La micorrización controlada es una operación necesaria para obtener buenos resultados, y para que un programa sea eficaz se necesita hongos que sean competitivos tanto en vivero, como en el campo. Se ha demostrado la efectividad de la inoculación con micorrizas en numerosos cultivos y regiones (Sempere y Santamaría, 2001; Barea 2003).

2.1.4 La glomalina y sus funciones.

Wright (2000) descubrió la sustancia 'glomalina', una glicoproteína exudada por los micelios de los hongos micorrízicos, con la utilización de imágenes producidas por la resonancia magnética nuclear, mostrando que dicha sustancia tiene una estructura diferente a cualquier otro componente de la materia orgánica. Los hongos del género *Glomales*, que viven en las raíces de la mayoría de plantas usan el carbono suministrado por las plantas para producir la glomalina.

Durante el crecimiento de las raíces, la glomalina es desechada al suelo donde funciona como una "super-goma", ayudando a la arena y las partículas de arcilla a pegarse junto con la materia orgánica que le da vida al suelo (Wright, 2000). Según este mismo autor, la glomalina es la sustancia que le provee al suelo su buena estructura, señalando, además, que la misma no es solamente el pegamento que junta el humus a los compuestos del suelo, sino que también la glomalina almacena

27 % de la cantidad total de C del suelo, comparado con 8 % aportado por el ácido húmico. También provee al suelo con N y ayuda a crear la estructura necesaria para retener el agua, garantizar una aeración apropiada, permitir el movimiento de las raíces de las planta y resistir la erosión.

La glomalina se ha encontrado con relativa abundancia (2-15 mg g⁻¹) en un amplio rango de suelos sean éstos ácidos o calcáreos y bajo diversos cultivos, tales como pastos, cereales, especies forestales, etc. (Rillig y col., 2001; Rillig y col., 2003; Lovelock y col., 2004; Borie y col., 2000; Borie y col., 2006) pareciendo ser tan ubicua como los HMA que la originan.

Rillig y Wright (2000) encontraron que el efecto directo de la glomalina fue mucho más fuerte que el efecto directo de las hifas de los propios hongos, sugiriendo que esa proteína está involucrada en un mecanismo muy importante en la estabilización de los agregados, aunque la asociación del hongo con plantas específicas determina la cantidad de agregados estables en el suelo.

Wright y col. (2000) señalan que la agregación es un proceso complejo que incluye sustancias cementantes producidas por hongos, plantas y bacterias; las bacterias producen polisacáridos que evitan la desecación de las partículas y con ello amortiguan los ciclos de seca y humedad que disminuyen la agregación del suelo.

Franzluebbes y col. (2006) encontraron que el impacto de la glomalina sobre la conservación de los suelos fue similar a otras estrategias de conservación, como el sistema de no laboreo y el uso forestal, con similares efectos a los cultivos de pasto por periodos de 19 años.

Rillig y Wrigth (2000) encontraron que el tiempo de permanencia de la glomalina en el suelo osciló entre varios años y décadas, constituyendo una forma de secuestro del carbono, que contribuye, al mismo tiempo, al aumento de la materia orgánica del suelo, considerando que esa glicoproteína puede ser un importante elemento a considerar en los estudios biogeoquímicos.

2.1. 5 Biofertilización del tomate con los HMA.

Desde la década de los 60 se presentaron los primeros informes de la respuesta positiva a los HMA en el cultivo del tomate. En la actualidad existen numerosas evidencias de ello, basadas principalmente en estudios realizados en Cuba.

Al evaluar la respuesta del cultivo a la biofertilización con diferentes especies de HMA Cuevas y col. (2000) encontraron una respuesta favorable en las variantes micorrizadas con relación al testigo en fase de semillero y trasplante, donde se destacó la especie *G. fasciculatum*.

De igual forma Terry y col. (2001) evaluaron el efecto de diferentes combinaciones de los biofertilizantes AZOFERT® (*Azospirillum brasilense*) y EcoMic® (*G. clarum*), con un análogo de brasinoesteroide (Biobras-16), sobre el crecimiento y el rendimiento del tomate, var. Amalia, en un suelo Ferralítico Rojo Compactado. Ellos encontraron que en etapa de semillero (20 días) no se observaron respuestas significativas entre los tratamientos con respecto al testigo de producción. En cuanto a los rendimientos, el tratamiento donde se inoculó AZOFERT® con EcoMic® mostró incrementos considerables y permitió ahorrar 60 kg.ha⁻¹.

Dell'Amico y col. (2002) determinaron el efecto de la especie *G. clarum* sobre el crecimiento y las relaciones hídricas de las plantas de tomate afectadas por un ciclo de sequía y recuperación. Estos autores observaron que el hongo tuvo un efecto estimulante sobre el crecimiento de las plantas, siendo más efectivo en el desarrollo de la parte aérea foliar que en la raíz, lo cual se manifestó a través del aumento del área foliar, así como los incrementos de la apertura estomática, de la actividad fotosintética y de la conductividad hidráulica en las raíces.

Caballero y Martínez (1995), al estudiar la influencia de las diferentes especies de HMA sobre el crecimiento y desarrollo del tomate, encontraron que los tratamientos micorrizados superaron al no micorrizado en cuanto al rendimiento, de un 29 al 63.9%, siendo la especie *Glomus clarum* la que mejor se comportó.

Pérez y col. (1999) evaluaron la respuesta del tomate al ser biofertilizado con los HMA del género *Glomus* sobre un suelo Pardo con Carbonatos, pudiendo comprobar los efectos bioestimulantes del producto ensayado.

Alarcón y col. (1998) estudiaron el efecto de la inoculación con los HMA sobre el crecimiento y la productividad del tomate y mostraron su efecto positivo sobre el rendimiento, el cual se incrementó en un 32.04 % en comparación con el tratamiento sin inocular.

Llonín y Medina (2002) estudiando la participación de fuentes y dosis de fósforo en un suelo Nitisol Ródico Eutrítico con dos especies de HMA (*Glomus fasciculatum* y *Glomus clarum*) sobre el crecimiento y la producción del tomate, encontraron un marcado efecto de las dosis del fertilizante en las variables de crecimiento y en la producción, potenciados con la utilización de las especies de hongos micorrízicos utilizados, teniendo el mayor efecto la cepa *Glomus fasciculatum*.

2.2 Estimulante natural del crecimiento (FitoMas- E[®]).

El FitoMas- E[®] es un cóctel natural de sustancias orgánicas intermediarias complejas de alta energía. El mismo permite superar situaciones estresantes sin perjudicar la producción de alimentos y productos útiles, así mismo permite mejorar la germinación (Montano y Col., 2004).

Tabla 2. Composición del FitoMas- E[®]

| COMPONENTE | GRAMOS/LITRO | % PESO/ PESO |
|-------------------------------|--------------|--------------|
| Extracto orgánico | 150 | 13 |
| N total | 55 | 4.8 |
| K ₂ O | 60 | 5.24 |
| P ₂ O ₅ | 31 | 2.7 |

FitoMas- E[®] es un nuevo derivado de la industria azucarera cubana que actúa como estimulante vegetal. Se presenta como formulado acuoso compuesto de sales minerales y extractos naturales integrados por sustancias bioquímicas de alta energía, principalmente aminoácidos, bases nitrogenadas, oligosacáridos bioactivos y polisacáridos que se obtienen de materias primas propias de la agroindustria azucarera cubana por un procedimiento físico-químico eficaz y original. El

mecanismo de acción del estimulante natural del crecimiento FitoMas- E[®] propicia la mejora integral del complejo suelo-planta y el incremento de la vitalidad del cultivo, lo cual lo protege de muchas de las afecciones comunes a los sistemas estresados (Montano y col., 2007).

2.2.1 Efectos.

Aumenta y acelera la germinación de las semillas, ya sean botánicas o agámicas. Estimula el desarrollo de las raíces, tallos y hojas. Mejora la nutrición, la floración y cuajado de los frutos. Frecuentemente reduce el ciclo del cultivo. Acelera el compostaje y la degradación de los residuos de cosecha disminuyendo el tiempo necesario para su incorporación al suelo. Ayuda a superar los efectos negativos del estrés por salinidad, sequía, exceso de humedad, fitotoxicidad, enfermedades y plagas (ICIDCA 2004).

2.2.2 Dosificación.

Se aplica en dosis desde 0,2 a 2,0 L.ha⁻¹, según el cultivo, por vía foliar, siempre disuelto en agua hasta completar de 200 a 300 L/ha de volumen final. Cuando se remojan semillas para la germinación la disolución puede ser desde 1 % hasta 2 % en el agua de remojo. Cuando se aplica por riego las dosis pueden ser del orden de los 5 L.ha⁻¹. La frecuencia es variable, aunque una sola aplicación durante el ciclo suele ser muy efectiva. (ICIDCA 2004)

2.2.3 Momento y técnica de aplicación.

Se puede aplicar en cualquier fase fenológica del cultivo; típicamente se puede remojar la semilla, tanto botánica como agámica durante 2 ó 3 horas antes de llevarla al semillero, se puede realizar una aplicación después del trasplante y durante la etapa de crecimiento vegetativo. También puede aplicarse antes de la floración y después de esta y/o al comienzo de la fructificación. Se debe aplicar especialmente cuando la plantación ha sufrido ataques de plagas o enfermedades, atraviesa una etapa de sequía o sufre por exceso de humedad, daño mecánico por tormentas, granizadas o ciclones. (ICIDCA 2004).

2.2.4 Aplicaciones de FitoMas- E[®] en el cultivo del tomate.

En Cuba se han realizado múltiples ensayos en este cultivo pues esta es una de las hortalizas más importantes, tanto por las preferencias de la población como desde el punto de vista de las ventas al turismo. El tomate se cultiva en Cuba por la agricultura urbana (manejo de bajos insumos) y por la agricultura convencional bajo condiciones de campo y en el sistema intensivo de casas de cultivo. FitoMas-E[®] ha sido estudiado en todos estos sistemas.

López y col. (2003) aplicaron diferentes dosis de FitoMas- E[®] y comprobaron que con dosis de 0,7 L.ha⁻¹ se obtienen los mejores resultados en cuanto a grosor del tallo, altura del tallo, número de ramificaciones, número de flores, número de frutos y rendimiento. Los parámetros asociados al rendimiento: número de flores (crece 19%); número de frutos (crece 29%) y rendimiento en kg/m² (crece 233%). Con la dosis máxima de 0,7 L.ha⁻¹ se llegó a producir 10 kg/m² que es un resultado muy superior al rendimiento histórico del huerto que era de 2 kg/m².

Cuando se realizan aplicaciones de FitoMas- E[®] a diferentes dosis se obtienen buenos resultados en las variables de crecimiento, independientemente de la dosis empleada, así como altos rendimientos, coincidiendo en esta valoración varios autores los cuales plantean que la dosis más efectiva es de 0,7L/ha (López y col., 2003; Hernández, 2007).

Faustino (2006) estudió el efecto del Fitomas[®]-E sobre la fructificación en plantas a los 30 días de trasplantadas, en un suelo Ferralítico Rojo Típico, Las aplicaciones se realizaron foliarmente a dosis de 1L.ha⁻¹ obteniendo que el tratamiento con FitoMas- E[®] alcanzó un promedio de 40,55 frutos/planta mientras que el promedio del testigo fue 27,25 frutos/planta.

Por otro lado Arozarena (2005), realizó estudios, comparando el fitoestimulante Vitazime y el FitoMas- E[®] en el desarrollo del tomate en siembra de primavera en casas de cultivo con diversas variantes nutrimentales. Encontró que tanto la altura de las plantas como el número de flores, el rendimiento y la cantidad de frutos con calidad superior aumentaban significativamente con el incremento de la dosis de

fertilizante. La asociación del fertilizante con cualquiera de los fitoestimulantes daba los mejores resultados. No encontró diferencias en los resultados entre Vitazime y FitoMas- E[®].

En otra parte de su investigación estudió el efecto de dos tipos de fertilizantes, fertilizante convencional y fertilizante de liberación lenta, solos y combinados con FitoMas- E[®] y observó que los mejores resultados se corresponden en todos los casos con los tratamientos en los que se emplea FitoMas- E[®]. No encontró diferencia en relación al tipo de fertilizante.

2.2.5 Fitomas en otros cultivos.

Los resultados más notables obtenidos en las investigaciones son:

- Incrementos en 12 toneladas de caña por hectárea como promedio nacional, a dosis de 2 L.ha⁻¹, aplicado una sola vez durante el ciclo, con reducción del 50% de los fertilizantes convencionales. (Zuaznabar, 2005; Díaz, 2007).
- Reducción de entre el 30% y el 50% de herbicidas en el cultivo de la caña. (Zuaznabar y col., 2003).
- Incrementos entre 30% y 200% en el rendimiento del pimiento, con dosis de 0.7 L.ha⁻¹ (Yumar, 2007).
- Incrementos del rendimiento entre 30% y 50% en boniato y Malanga, con dosis de 1 L.ha⁻¹ (Echevarría, 2005).
- Incremento del rendimiento en 7, 19 t.ha⁻¹ en maíz, en grano seco a dosis de 2 L.ha⁻¹, cosechado a los 120 días (Yumar, 2007).
- Incrementó en un 27% el rendimiento en lechuga cuando se combina con un biofertilizante (Ramos y Martínez, 2007).
- Reducción del ciclo del cultivo de acelga (Morejon, 2006).
- Duplicación de los rendimientos en col y pimiento, con dosis de 1 L.ha⁻¹ (Faustino, 2006).
- Incrementó en 52% el rendimiento del tabaco tapado y mejoró la calidad de la capa de exportación (Borges, 2005).
- Incrementó en dos veces del rendimiento en fruta bomba (Faustino, 2006).

- Incremento notable en tamaño, número y calidad en frutales (Semanat y Sarría, 2005; Hernández, 2007).
- Aumenta y acelera la germinación de las semillas de *Solanum torbum* (González y col., 2007).
- Incrementó en un 34% del rendimiento en la producción de forrajes y granos de vigna cuando se combinaba con *Rhizobium* (Díaz, 2004).
- Incrementó el peso del bulbo y el rendimiento en cebolla, cuando se realizaron aplicaciones entre 2 y 3 L.ha⁻¹ (Almenares, 2007).
- Incrementó el rendimiento de frijol en un 46% (Borges, 2006) y pepino (López y Vera, 2003) bajo condiciones de salinidad y sequía.
- Incrementó en 12% el número de frutos/planta, 29% en el largo de la guía principal en el cultivo del pepino (Arozarena, 2005).
- Incrementos de la producción de yemas de injerto en rosas, aumento del tamaño de la flor (Hernández y Domínguez, 2005).
- Duplicación de los rendimientos en habichuela cuando se asocia con rabanito, con dosis de 0,6 L.ha⁻¹ (López y col., 2004).

2.3 El Tomate (*Solanum lycopersicum* L.)

2.3.1 El Cultivo del tomate.

El origen de la sección *Lycopersicon* del género *Solanum* se localiza en las zonas montañosas de los Andes que comprende Perú, Ecuador y Chile (a excepción de las subespecies *S. cheesmaniae* y *S. galagense*, las cuales son endémicas de las Islas Galápagos), exhibiendo una gran diversidad de ambientes en los que se desarrollan las especies silvestres, que presentan una fuente importante de variabilidad y reservorio de genes con características interesantes, disponibles para la mejora del tomate cultivado (Darwin y col., 2003).

La domesticación del tomate, al parecer, partió de los cultivares primitivos y las líneas de *Solanum lycopersicum* variedad *cerasiforme* de México y Centroamérica, hecho que se apoya en estudios genéticos basados en la variabilidad isoenzimática y molecular según Peralta y col. (2005).

Taxonómicamente el tomate se clasifica de la siguiente forma (Peralta, 2005).

Reino: *Plantae*

División: *Magnoliophyta*

Clase: *Magnoliopsida*

Subclase: *Asteridae*

Orden: *Solanales*

Familia: *Solanaceae*

Genero: *Solanum*

Sección : *Lycopersicon*

Especie: *S. lycopersicum*

El tomate variedad Amalia se caracteriza por su alta productividad, adaptación climática, resistencia a las principales enfermedades y plagas, se puede sembrar en el período temprano y óptimo, versatilidad de los frutos que sirven tanto para el consumo fresco como para la industria y resistencia de los frutos a las pudriciones en el campo y en el patio de la industria. Los rendimientos son altos y estables para diferentes condiciones de suelo y clima (25 - 45t.ha⁻¹), llega a alcanzar rendimientos de hasta 90 t.ha⁻¹. Moya y col. (2006) obtuvieron rendimientos de 37 a 45 t.ha⁻¹ cuando se le aplicaba la dosis de fertilizante recomendada. Esta variedad tiene un ciclo corto, se comienza la cosecha a los 60 días del trasplante (Álvarez, 2004). Amalia se ha convertido en la primera variedad cubana de tomate que ha logrado sustituir a la variedad Campbell-28, la cual ocupó las mayores áreas de siembra del país por más de 30 años (INCA, 2004).

La temperatura óptima de desarrollo oscila entre 20 y 30°C durante el día, entre 10 °C y 17°C durante la noche; temperaturas superiores a los 30-35°C afectan la fructificación por mal desarrollo de óvulos, así como al desarrollo de la planta en general y del sistema radicular, en particular. Temperaturas inferiores a 12-15°C también originan problemas en el desarrollo de la planta. La maduración del fruto está muy influida por la temperatura en lo referente tanto a la precocidad como a la coloración (Infoagro, 2004).

La humedad relativa óptima oscila entre un 60% y un 80%. Humedades relativas muy elevadas favorecen el desarrollo de enfermedades aéreas, el agrietamiento del fruto y dificultan la fecundación, debido a que el polen se compacta, por lo que parte de las flores aborta. También una humedad relativa baja dificulta la fijación del polen al estigma de la flor (Infoagro, 2004).

La planta de tomate no es muy exigente en cuanto a suelos, excepto en lo que se refiere al drenaje, aunque prefiere suelos sueltos de textura franco-arcillosa y ricos en materia orgánica. No obstante, se desarrolla perfectamente en suelos arcillosos enarenados. En cuanto al pH, los suelos pueden ser desde ligeramente ácidos hasta ligeramente alcalinos, cuando están enarenados (Infoagro, 2004). Por su parte Hanson *col.* (2001) plantean un pH óptimo de 6.0 - 7.0.

2.3.2 Importancia del cultivo del tomate.

El tomate es considerado como uno de los cultivos hortícolas de mayor importancia a escala mundial, su demanda, producción y comercio aumenta continuamente (Gómez y Rodríguez, 2004). La producción global oscila en más de 408 millones toneladas métricas en una superficie de alrededor de 15, 817,023 hectáreas (FAOSTAT, 2007).

En Cuba, actualmente se cultivan 57082 ha, cifra por debajo de las áreas cultivadas en el año 2005 que fue 60,000 ha de tomate (FOASTAT,2005), su producción alcanza las 627 900 TM, (FAOSTAT, 2007).Entre los países que alcanzan las más altas producciones están China y Estados Unidos (Tabla 3).

Tabla 3. Superficie cosechadas, rendimientos y producción mundial del Tomate (FAOSTAT, 2007).

| Producción | Area cultivada (Ha) | Producción (MT) | Rendimiento (Kg/ha) |
|----------------|---------------------|-----------------|---------------------|
| México | 116726 | 3150353 | 269893 |
| Guatemala | 7068 | 285763 | 404305 |
| Bolivia | 9299 | 124328 | 133700 |
| Brasil | 58404 | 3431230 | 587499 |
| Chile | 19500 | 1270000 | 651282 |
| Colombia | 11034 | 370713 | 335973 |
| Cuba | 57082 | 627900 | 109999 |
| Ecuador | 2652 | 70094 | 264306 |
| El Salvador | 1255 | 40032 | 318980 |
| Honduras | 3800 | 155000 | 407894 |
| Canadá | 7934 | 821850 | 1035858 |
| Estados Unidos | 170660 | 14185180 | 831195 |
| España | 54100 | 3664100 | 677282 |
| Francia | 4235 | 708330 | 1672562 |
| Italia | 118224 | 6025613 | 509677 |
| China | 1453935 | 33596881 | 231075 |
| Japón | 12700 | 750300 | 590787 |
| Fed Rusia | 136450 | 2305940 | 168995 |
| India | 479200 | 8585800 | 179169 |
| Israel | 5300 | 434297 | 819428 |
| Etiopía | 4800 | 33838 | 70495 |
| Egipto | 194000 | 7550000 | 389175 |

La alta preferencia y aceptación del tomate se debe a sus cualidades gustativas, la posibilidad de su amplio uso en estado fresco, elaborado en múltiples formas y su relativo aporte de vitaminas y minerales (Tabla 4).

El tomate contiene cerca del 93-96 % de agua (Tabla 4) Por otra parte, este cultivo es fuente importante de vitaminas A y C, más que por su contenido individual, por la ingesta diaria (Barón y col., 2000).

Tabla 4. Valor nutritivo del tomate.

| Promedio por 100 g de producto fresco comestible. | | | |
|---|------------|---------------|----------|
| Desecho | 6.00 % | Caroteno | 0.50 mg |
| Materia Seca | 6.20 g | Tiamina | 0.06 mg |
| Energía | 20.00 Kcal | Riboflavina | 0.04 mg |
| Proteína | 1.20 g | Niacina | 0.60 mg |
| Fibras | 0.70 g | Vitamina C | 23.00 mg |
| Calcio | 7.00 mg | VNM* | 2.39 |
| Hierro | 0.60 mg | VNM/100g M.S. | 38.50 |
| *VNM = Valor Nutritivo Medio | | | |
| <i>Promedio del jugo</i> | | | |
| <i>Agua</i> | | 93-96 % | |
| Azúcares | | 2.00-3.50 % | |
| Ácidos orgánicos | | 0.25-.50 % | |
| Sustancias insolubles | | 0.70-1.00 % | |
| Amino-ácidos y Proteínas solubles | | 0.60-1.20% | |
| Elementos minerales | | 0.30-0.60 % | |

Fuente: IBPGR, 1977, citado por Gómez y col.(2000).

2.3.3 Nutrición del tomate.

Las plantas requieren una nutrición adecuada para poder asegurar un desarrollo óptimo por lo que se hace necesario el equilibrio e interacción de las sustancias nutritivas. Un exceso o déficit ocasiona plantas débiles, susceptibles a plagas y enfermedades y cosechas de baja calidad (Moya y col., 2007).

El tomate es exigente en cuanto a niveles de nutrición mineral apropiados debido principalmente al gran volumen de frutos producidos por unidad de superficie. La cantidad de nutrientes encontrados en los frutos cosechados es relativamente superior cuando se compara con otras hortalizas (Nuez ,1995 ; Cuartero, 2001).

La nutrición y fertilización del cultivo del tomate dependen de las condiciones locales específicas. Los mejores rendimientos y calidad se obtienen cuando se aporta la cantidad necesaria de nutrientes, con la fuente de fertilizante adecuada, en forma balanceada, en época oportuna y de acuerdo al ritmo de absorción de la planta (Terry, 2004).

Angelov (1974) señala que el rendimiento se incrementa con la dosis de nitrógeno hasta un determinado nivel por encima del cual se produce un decrecimiento del mismo, constituyendo esta la razón para aplicar las dosis establecidas por el Servicio Agroquímico, basadas en los resultados de las investigaciones sobre nutrición, análisis de suelo, tejido vegetal y tipos de suelo (MINAGRI, 1994).

Giaconi y Escaff (1993), plantean que el uso de altas dosis de fertilizantes nitrogenados debe realizarse paralelamente con la incorporación de suficientes cantidades de fósforo.

Guzmán y col. (1979), en suelo Ferralítico Rojo y para la época óptima, recomendaban de 100 a 150 kg N.ha⁻¹, mientras que Martí y Lewis (1979) recomendaban dosis entre 75 y 225 kg N.ha⁻¹ en dependencia del cultivar y la época de siembra, priorizando las mayores aplicaciones para la etapa de invierno. En cuanto al fraccionamiento y momentos de aplicación, los resultados experimentales obtenidos en suelos rojos, se ha tratado de ajustar al máximo, donde se plantea aplicar el fosforo y el potasio en siembra con 1/3 de nitrógeno y los 2/3 de nitrógeno restante se aplicaran a los 25-30 días posteriores con respecto a la fertilización anterior (Terry, 2004).

Las extracciones y exportaciones del cultivo pueden variar en dependencia de la variedad utilizada, la época de siembra y el sistema de cultivo; sin embargo, los requerimientos de nutrientes se consideran dependientes de los rendimientos del cultivo (Maestrey, 1986).

Domínguez (1982) plantea que el tomate es un cultivo que extrae cantidades modestas de nutrientes en relación con otros cultivos pues, para una cosecha de 40 toneladas, puede extraer 120, 25, y 150 kg.ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente, pudiendo extraer entre el 20 y el 30 % del nitrógeno hasta el inicio de la floración, pero estos valores se incrementan significativamente con la formación de los órganos reproductivos

Maestrey y col. (1987) reportan que la producción de tomate absorbe un promedio de 370 kg.ha⁻¹ de N, 50 kg.ha⁻¹ de P₂O₅, 680 kg.ha⁻¹ de K₂O, 290 kg.ha⁻¹ de Mg y 45 kg.ha⁻¹ de Ca, citando rangos de extracción para suelos Ferralíticos Rojos del orden de 2,3 - 3,9 kg de N, 0,28 - 0,42 kg de P₂O₅ y de 3,0 - 4,9 kg de K₂O por cada

tonelada de frutos producida, con valores de exportación de 1,38 - 1,54 kg de nitrógeno, 0,14 – 0,24 kg de fósforo y de 2,0 –2,1 kg de potasio por cada tonelada de fruto.

Según International Fertilizer Industry Association (IFA, 1999), para formar 24 t de frutos, el tomate requiere de 177, 46 y 319 kg de N, P_2O_5 y K_2O , respectivamente.

3. Materiales y Métodos.

3.1. Localización y caracterización del área experimental.

El trabajo experimental se realizó en el periodo comprendido entre octubre 2007 y febrero 2008, en áreas del Instituto Nacional de Ciencias Agrícola (INCA), situadas a 138 msnm, a 23° 00' de latitud N y 32° 82' de longitud O, en el municipio de San José de las Lajas, Provincia La Habana sobre un suelo Ferralítico Rojo Lixiviado Típico Eútrico (Hernández y col., 1999).

En la tabla 5 se presentan las principales características químicas del suelo, con bajo contenido de Na, Mg, Ca y MO, con un contenido de P y K alto y un pH ligeramente alcalino.

Tabla 5: Características químicas del suelo de las parcelas experimentales (profundidad: 0-20 cm)

| Na | K | Ca | Mg | P | MO | pH |
|--------------------------|------|------|-----|---------------------|------|------------------|
| (cmol.kg ⁻¹) | | | | mg.kg ⁻¹ | % | H ₂ O |
| 0.12 | 1.49 | 13.9 | 3.2 | 491 | 2.71 | 7.2 |

El pH se midió en H₂O por el método potenciométrico, con una relación suelo - solución de 1:2,5. La Materia orgánica (MO) se determinó por el método de Walkley-Black, Fósforo (P) por el método de Oniani. Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y el sodio (Na), por Maslova: solución Ac NH₄ 1N a pH 7 y dilución 1:5 agitación 5 minutos (INCA, 1999).

El comportamiento de las principales variables climáticas prevaleciente durante el período de desarrollo del estudio, se refleja en la Tabla 6.

Como se aprecia, las características climáticas del agroecosistema en la fase de semillero, las precipitaciones estuvieron por encima de los 200 mm y para el resto de las fases del cultivo las precipitaciones fueron bajas, lo cual pudo influir en el cultivo, es de señalar que en esta región las precipitaciones anuales sobrepasan los 1250 mm, lo cual la señalan como las más húmedas de las llanuras de Cuba (Terry, 2004). El cultivo se desarrolló en un rango de temperatura que osciló entre 20 y 30 ° C, considerado como óptimo para este cultivo (Hueres y Caraballo, 1991). La humedad relativa máxima osciló de 65 a 95% como promedio mensual, que pudo favorecer la aparición de enfermedades fungosas si se tiene en cuenta

que la humedad relativa más favorable está entre 50 y 60 % (Hueres y Caraballo, 1991).

Tabla 6. Medias mensuales de las variables climáticas registradas en la Estación Agrometeorológica Tapaste en el período experimental año 2007-2008 (INSMET, 2008).

| Período 2007/ 2008 | Precipitaciones (mm) | Temperatura (°C) | | | Humedad relativa (%) | | Fase Fenologica |
|-----------------------|-------------------------|---------------------|------|-------|-------------------------|------|--------------------|
| | | Máx. | Mín. | Prom. | Máx. | Mín. | |
| Octubre | 221.9 | 30.5 | 21.6 | 25.5 | 65 | 53 | Semillero |
| Noviembre | 31.5 | 27.5 | 16.5 | 21.8 | 95 | 57 | Des. Veg. e IF |
| Diciembre | 23.1 | 28.2 | 16.9 | 22.2 | 95 | 51 | F – F |
| Enero | 28.3 | 27.1 | 14.9 | 20.7 | 92 | 52 | Cosecha |
| Febrero | 27.1 | 30.5 | 21.6 | 22.5 | 95 | 50 | |

Des. Veg e IF: desarrollo vegetativo e inicio de floración. F – F: floración - fructificación

Las plántulas en la fase de semillero para los experimentos, se produjeron en bandejas de poli-espuma de 247 alvéolos con una dimensión de 3 cm. x 3 cm. y una profundidad de 6 cm. El sustrato estaba conformado por un 40% de abono orgánico (estiércol vacuno) y 60% de suelo de tipo Ferralítico Rojo Lixiviado Típico Eútrico. El suelo fue preparado mecánicamente con pases sencillos de arado de disco, seguido por un pase de grada de disco y surcado mediante un arado de vertedera por tracción animal.

El diseño experimental utilizado fue de bloques al azar con cuatro replicas y nueve tratamientos. El trasplante se realizó en surcos, que se dividieron en parcelas de 16,80 m², con un área de calculo de 8.40 m² con una distancia de siembra de 1,40 m x 0,30 m entre plantas, para lo cual se sembraron 160 plantas por tratamiento. La variedad utilizada fue “Amalia” procedente del Programa de Mejoramiento Genético del INCA y generalizada en el país (Álvarez y col., 1997).

En la tabla 7 se describen los tratamientos empleados en el experimento. Se utilizó un testigo absoluto sin ninguna aplicación de fertilizante y un testigo de producción con la dosis máxima de NPK recomendada (Instructivo técnico del tomate, 1983) Se estudio además la aplicación de HMA y FitoMas[®] – E y su combinación con diferentes fraccionamientos de fertilizante mineral (25, 50, 75 y

100 %). Para los tratamientos se emplearon Hongos Micorrízicos Arbusculares (HMA) y FitoMas[®] – E producidos en el año 2007.

Tabla 7. Tratamientos empleados en el experimento.

| No. | Denominación | Descripción | | | | |
|-----|--|-----------------------------|---|--|----------------------------------|-------------|
| | | N (kg.ha ⁻¹) | P ₂ O ₅ (kg.ha ⁻¹) | K ₂ O (kg.ha ⁻¹) | Fitomas (L.ha ⁻¹) | HMA (kg) |
| 1 | Testigo | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | Testigo Producción | 150 | 65 | 85 | 1 | 0 |
| 3 | FitoMas [®] – E + HMA + 25% NPK | 37 | 16 | 21 | 1 | 1 |
| 4 | FitoMas [®] – E + HMA + 50% NPK | 75 | 33 | 42 | 1 | 1 |
| 5 | FitoMas [®] – E + HMA + 75% NPK | 112 | 49 | 64 | 1 | 1 |
| 6 | FitoMas [®] – E + HMA + 100% NPK | 150 | 65 | 85 | 1 | 1 |
| 7 | FitoMas [®] – E | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 8 | FitoMas [®] – E + HMA | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 9 | HMA | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |

Como portadores se emplearon la fórmula completa NPK (9 – 13 – 17) y urea. Las dosis de fertilizante mineral NPK se aplicaron en forma fraccionada al 50 % en el momento trasplante y 50% a los 30 ddt.

3.2 Inoculación con Hongos Micorrízicos Arbusculares (HMA) y aplicación del estimulante natural del crecimiento.

Se utilizó la especie de HMA *Glomus hoi - like*, cepa INCAM 4, procedente del cepario del INCA y recomendada como cepa eficiente para las condiciones de suelo Ferralítico Rojo (Rivera y Fernández, 2003); el inóculo tenía categoría de comercial con 20 esporas por gramo de inóculo como mínimo. Los HMA se aplicaron por el método de recubrimiento de semilla, (Fernández y col., 2000), aplicando 1 g en 5 g de semillas de tomate, la inoculación se realizó 2 horas antes de la siembra y se efectuó una reinoculación al momento del transplante a razón de una pasta semifluida conformada con 1 kg de EcoMic[®] en 600 ml de H₂O.

El estimulante natural del crecimiento utilizado fue el FitoMas[®] – E procedente del Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA) y sus principales características son: 150 g.L⁻¹ de extracto orgánico; 55

g.L^{-1} de N total; 60 g.L^{-1} de K_2O y 31 g.L^{-1} de P_2O_5 . Durante el ciclo del cultivo se realizó una primera aplicación en la fase de semillero donde se remojaron las semillas en una solución de 2 mL.L^{-1} de agua durante 2 horas, a los 7 días después del trasplante, en la fase de desarrollo vegetativo se realizó una segunda aplicación a razón de $0,5 \text{ L.ha}^{-1}$, se aplicó de forma foliar mediante asperjado y una tercera aplicación a los 30 días después del trasplante a razón de $0,5 \text{ L.ha}^{-1}$, coincidiendo con el inicio de la fase de floración en el cultivo. Las aplicaciones se realizaron con mochilla manual de capacidad de 16 litros.

3.3 Variables analizadas:

1. Evaluaciones en las plantas (20 plantas por tratamientos tomadas al azar).

- 1) Altura (cm): desde el cuello de la raíz hasta la axila de la hoja más joven. a los 50 días después de la germinación (ddg) correspondiendo con la etapa de floración – fructificación.
- 2) Follaje (cm): medición del diámetro de copa de la planta a los 50 días después de la germinación.
- 3) Número de flores planta: conteo de las flores en el tallo principal.
- 4) Número de frutos por planta, conteo de los frutos en el tallo principal.
- 5) Masa promedio de los frutos (g): resultado de dividir el peso total de los frutos entre la cantidad de frutos de la parcela a una muestra de 20 plantas por tratamientos tomadas al azar dentro del área de cálculo.

2. Análisis de tejidos vegetales. (INCA, 1999)

1. Masa fresca y seca total (t.ha^{-1}), por pesada y secado en estufa a $65 \text{ }^\circ\text{C}$ hasta masa constante, a una muestra de raíz y tallo por réplica de cada tratamiento, compuestas cada una por 20 plantas.
2. Contenido de N, P y K (%), por digestión húmeda con $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Se}$, según el método Kjeldahl y determinación colorimétrica con el reactivo de Nessler y el azul de molibdeno para N y P, respectivamente, y determinación por fotometría de llama para el K.
3. Extracción de N, P y K (kg. ha^{-1}), por cálculo a partir de la masa seca de la biomasa aérea mas las raíz y los contenidos de cada nutriente, este análisis se

ejecutó cuando la planta inicio la etapa de fructificación. Se realizó según la fórmula:

$$\text{Extracción (kg.ha}^{-1}\text{)} = \text{masa seca} \times \text{contenido nutriente (\%)} / 100$$

3. Evaluaciones de la calidad en los frutos:

Con el objetivo de conocer la influencia de los tratamientos estudiados en la calidad interna de los frutos, a una muestra de 10 frutos por tratamientos del área de cálculo tomados al azar se les realizaron las siguientes determinaciones, según métodos convencionales de laboratorio de Fisiología Vegetal.

- 1) Contenido de sólidos soluble (Brix %). Por el método refractométrico.
- 2) Acidez (%). por valoración con NaOH 0,1 N, utilizando fenolftaleina como indicador.
- 3) Relación Brix/Acidez

3.4. Análisis microbiológicos.

Variables micorrízicas.

1. Colonización micorrízica: Se tomaron muestras compuestas de raicillas de 15 plantas de cada parcela a los 60 días después de la germinación. Para las determinaciones se tomaron aproximadamente 200 mg de raicillas por parcelas que fueron secadas a 70°C, para ser teñidas según la metodología descrita por Phillips y Hayman (1970). La evaluación se realizó por el método de los interceptos, desarrollado por Giovanetti y Mosse (1980), mediante el cual se determinó el porcentaje de colonización micorrízica o frecuencia de colonización.
2. La determinación del porcentaje de Densidad Visual (% DV) se realizó por la metodología de Trouvelot (1986), mediante la cual se evaluó la ocupación fúngica de cada intercepto y se le asignó un nivel (Tabla 8). Posteriormente se realizó el cálculo según la fórmula:

$$\% \text{ DV} = \sum A / \sum Z$$

Donde: Z es el número de interceptos contados en cada nivel y A es el resultado de la multiplicación del número de interceptos contados en cada nivel (Z), por el porcentaje de ocupación observada.

Tabla 8. Transformación de los porcentajes de ocupación fúngica intrarradical en niveles, según Trouvelot (1986).

| Nivel de evaluación | % de ocupación observada |
|---------------------|--------------------------|
| 0 | 0 |
| 1 | 1 |
| 2 | 2.5 |
| 3 | 15.5 |
| 4 | 35.5 |
| 5 | 47.5 |

3. Conteos de esporas: Se procedió según la modificación realizada por Herrera y col. (1995) del protocolo descrito por Gerdemann y Nicholson (1963), se tomaron muestras compuestas a partir del suelo rizosférico, el cual es tamizado y decantado por vía húmeda de los propágulos del hongo (Ver Anexo 1)

3.5. Determinaciones realizadas al Suelo:

1. Para los análisis de suelo de las parcelas experimentales, se tomaron 4 muestras compuestas con 12 muestras parciales de cada parcela, tomadas cruzando cada parcela en zig zag, las calas se realizaron a 20 cm de profundidad con una azada, fueron colocadas en bolsas marcadas para su posterior identificación en el laboratorio. Estas muestras fueron tomadas al inicio del ciclo experimental.

- Para determinar Glomalina las muestras de suelo fueron tomadas a los 50 ddt en la rizosfera de las plantas de tomate.

Determinación de glomalina total: Se pesa 0.25 g de suelo en tubo de centrífuga (resistente al calor) y se añaden 4 mL de citrato de sodio 50 mM pH 8,0 como extractante y luego se extrae en autoclave a 121 °C por 60 minutos. Se enfría el tubo y se centrifuga a 5.000 x g durante 20 minutos. Si el extracto presenta un color característico pardo-rojizo, se decanta el sobrenadante a un matraz volumétrico (que se mantiene a 4°C) y se continúa en el suelo extrayendo la glomalina por ciclos de 60 minutos en autoclave y agregando cada vez 8 mL del extractante hasta desaparición de la coloración típica. Se juntan todos los extractos y se llevan a un volumen exacto con citrato de sodio (Wright y col., 1996).

Rendimientos.

La producción de cada parcela en cosecha se midió por pesada directa en el área de cálculo (8,40 m²) y se expresó en t.ha⁻¹.

3.6. Análisis económico.

La valoración económica de los resultados de los experimentos (se tuvieron en cuenta solamente los costos de los fertilizantes minerales), se utilizó la Metodología de la Unidad de Pronóstico Económico, MINAGRI, 1984, basada en la siguiente ecuación:

$$Ec = (Vpn - Cpn) - (Vpb - Cpb)$$

donde:

Ec = Efecto económico (se expresa en pesos.ha⁻¹).

Vpn = Valor de la producción de la nueva tecnología.

Cpn = Costo de producción de la nueva tecnología.

Vpb = Valor de la producción de la tecnología actual.

Cpb = Costo de producción de la tecnología actual.

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

Precios de los fertilizantes minerales (pesos. t⁻¹). Precio pesos/año MI

| | | |
|--------------------------------------|------------|------------|
| Fertilizante completo.....9-13-17... | 328.66 CUP | 311.66 CUC |
| Urea | | 300.00 CUC |

Precios de venta de biofertilizantes (pesos. kg⁻¹), según Listado de Precios del INCA (INCA, 2005)

| | |
|--------------------------------|------|
| EcoMic [®] (HMA)..... | 2,50 |
|--------------------------------|------|

Precios de producto acopiado (pesos t⁻¹), según Listado Oficial de Precios MINAG (Cuba MINAG, 1997).

| | |
|-------------|--------|
| Tomate..... | 347,80 |
|-------------|--------|

Tarifas de preparación de suelos (pesos. ha⁻¹), según Listado Oficial de Precios de Servicios Agropecuarios y Resolución No. 244-99 del MINAG (Cuba MINAG, 1999).

| | |
|--------|-------|
| Rotura | 31,60 |
|--------|-------|

| | |
|-----------------|-------|
| Cruce | 17,28 |
| Grada de 965 kg | 4,80 |
| Surcar | 17,28 |
| Cultivo | 14,75 |
| Fumigación | 12,08 |

Precios de las semillas adquiridas (pesos.kg⁻¹), según Listado Oficial de Precios de Semillas del MINAG (Cuba MINAG, 2002).

| | |
|--------|--------------|
| Tomate | \$ 217,47 MN |
|--------|--------------|

Precios (pesos.L⁻¹), según ficha de costo (ICIDCA, 2008)

| | |
|--------------------------|--------|
| FitoMas [®] – E | \$1.45 |
|--------------------------|--------|

3.7. Análisis Estadísticos.

Todos los resultados experimentales fueron sometidos a Análisis de Varianza según el diseño experimental. En los casos donde existieron diferencias significativas, las medias fueron comparadas mediante las Dóctimas de Rango Múltiples de Duncan, con un nivel de significación del 5% de probabilidad del error. Se comprobó la normalidad de los datos y la homogeneidad de la varianza para las variables continuas: números de flores por planta y frutos por planta. En los casos que no cumplieran los supuestos del análisis de varianza, las variables se transformaron por el método de: $\arcsen\sqrt{x}$ para las variables de origen binomial (% colonización). Con posterioridad se realizó un análisis de varianza a los datos obtenidos. A las variables brix y acidez se les realizó análisis de correlación entre ellas. Para el procesamiento de toda la información fue utilizado el paquete estadístico Statgraphics Centurión XV.II.

4. Resultados y Discusión:

4.1 Influencia de la aplicación de estimulante natural del crecimiento, HMA y fertilización mineral en las variables morfoagronómicas y del rendimiento.

4.1.1 Influencia en la altura y el Diámetro de la copa.

Al realizar análisis de varianza sobre la altura y el follaje en las plantas se comprobó que existieron diferencias significativas entre los tratamientos (Fig. 1). Se aprecia que se alcanzó un mínimo y un máximo, con valores que oscilaron desde 47 cm hasta 61 cm para altura del tallo y desde 68 hasta 91 cm para el diámetro de copa respectivamente.

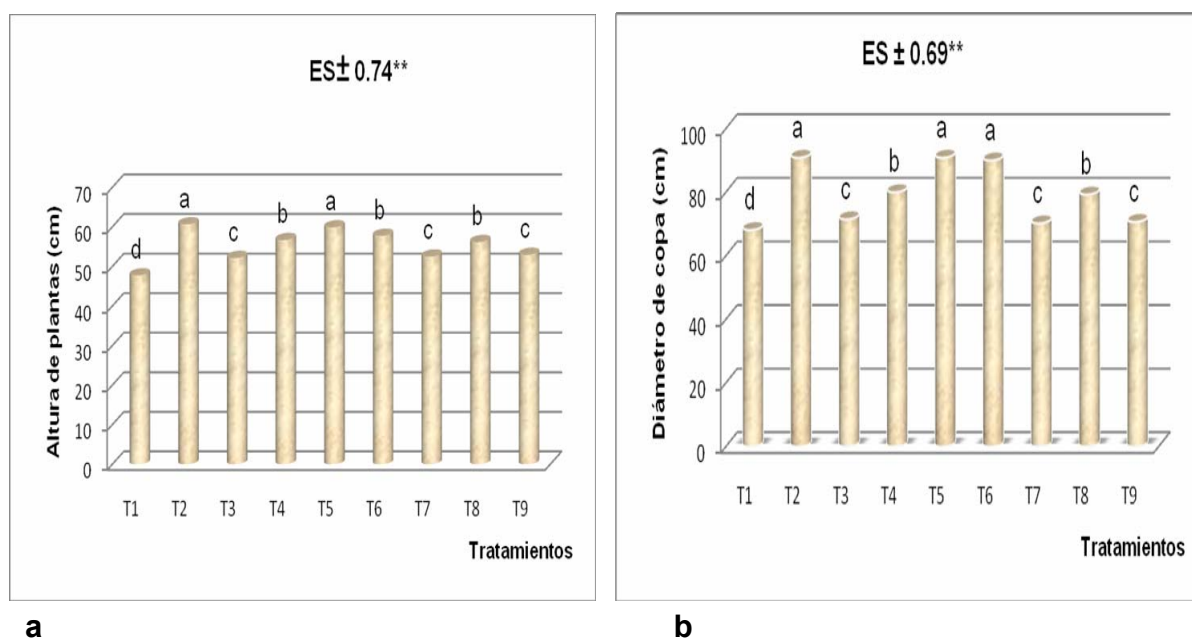


Fig. 1 Influencia de la aplicación de HMA, Estimulante natural del crecimiento y fertilizantes minerales en la altura (a) y diámetro de copa (b) de plantas de tomate var. Amalia. T1. Testigo absoluto, T2. Testigo Producción, T3. Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 25% NPK, T4 Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 50% NPK, T5 Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 75% NPK, T6. Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 100% NPK, T7 estimulante natural del crecimiento. T8 Estimulante natural del crecimiento + HMA. T9. HMA.

En altura de la plantas se encontró una respuesta positiva del cultivo a la aplicación del estimulante natural del crecimiento, los HMA y fertilización mineral, donde todas las variantes estudiadas superaron al testigo. En ese sentido, los

tratamientos T2 (Testigo Producción) y T5 (Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 75% NPK) no difirieron entre si, superando al resto de las variantes.

Por otra parte, se encontró que las combinación del estimulante natural del crecimiento y HMA con diferentes dosis de fertilizantes, respondieron de distintas formas entre si (T3 (Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 25% NPK) T4(Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 50% NPK), T5(Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 75% NPK) y T6(Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 100% NPK)).

Tanto los tratamientos que recibieron HMA y el estimulante natural del crecimiento solo o combinados con NPK a diferentes dosis, obtuvieron respuestas significativas cuando se compararon con el testigo absoluto.

Por otra parte, se encontró que las combinación del estimulante natural del crecimiento y HMA con diferentes dosis de fertilizantes, respondieron de distintas formas entre si (T3 (Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 25% NPK) T4(Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 50% NPK), T5(Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 75% NPK) y T6(Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 100% NPK)).

Tanto los tratamientos que recibieron HMA y estimulante natural del crecimiento solo o combinados con NPK a diferentes dosis, obtuvieron respuestas significativas cuando se compararon con el testigo absoluto.

Estos resultados coinciden con los obtenidos por Díaz (2004), Arozarena (2005), Faustino (2006) y López y col. (2007) donde obtuvieron incrementos en la altura de las plantas en diferentes cultivos al realizarse aplicaciones de FitoMas[®] – E combinado con fertilizantes y otros bioestimulantes, existiendo una mayor actividad fotosintética y por tanto una mayor síntesis de sustancias y materia seca, cuando se comparó con el testigo absoluto.

Terry (2004) reportó incrementos significativos en la altura de plantas de tomate cuando realizó inoculaciones con HMA, sola y combinada con bioestimulantes.

Pulido y col. (2003), al inocular diferentes especies de HMA en tomate y cebolla, obtuvieron que los tratamientos inoculados superaron al testigo para la variable altura de la planta en suelos Ferralíticos Rojos Compactados.

En cuanto a la variable diámetro de la copa en plantas de tomate (figura 1b), se apreció que las mejores respuestas se obtuvieron en los tratamientos T2 (Testigo de producción), T5 (Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 75% NPK) y T6 (Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 100% NPK), los cuales se correspondieron con la aplicación del 100 % de la dosis del fertilizante mineral y el 75 y 100 % de la dosis del fertilizante combinado con las aplicaciones de HMA y el estimulante natural del crecimiento, respectivamente.

Estos resultados indican que la planta tuvo una respuesta positiva en la altura de la planta y el diámetro de copa cuando se le aplicó el estimulante natural del crecimiento combinado con los HMA y la aplicación de fertilizantes mineral.

Estudios realizados por otros autores han demostrado el beneficio reportado por el uso de las asociaciones micorrízicas en el crecimiento de las plantas, particularmente en suelos tropicales, donde el potencial de explotación de estos hongos es mucho mayor y juegan un papel importante en la nutrición de la mayoría de los cultivos (Cuenca y col.,2003; Koide y Mosse, 2004; Posada y col., 2007; Barcenas y col., 2007; Castillo y col., 2008 y Díaz y col., 2008).

Las plantas que mantienen una simbiosis en sus raíces necesitan una gran cantidad de energía metabólica, para lograr un armónico desarrollo aéreo y a la vez, mantener la simbiosis. Este proceso implica un elevado flujo de carbono derivado de la fotosíntesis desde etapas muy tempranas del desarrollo, que se traduce en un retardó del crecimiento vegetal; por lo tanto, la planta necesita crecer y lograr una tasa fotosintética adecuada para mantener funcionando la simbiosis (LLonin y Medina, 2002).

4.1.2 Influencia en la cantidad de Flores por Plantas.

En la cantidad de flores por plantas (Fig. 2), se apreció que el uso de fertilizantes T2 (Testigo de producción), no difiere significativamente en comparación con el T1 (Testigo absoluto) y que la combinación del estimulante natural del crecimiento más HMA, en los tratamientos que se usan fertilizantes, T3 (Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 25% NPK), T4 (Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 50% NPK) T5 (Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 75% NPK) T6

(Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 100% NPK)), produce incrementos significativos a partir del T4, T5 y T6.

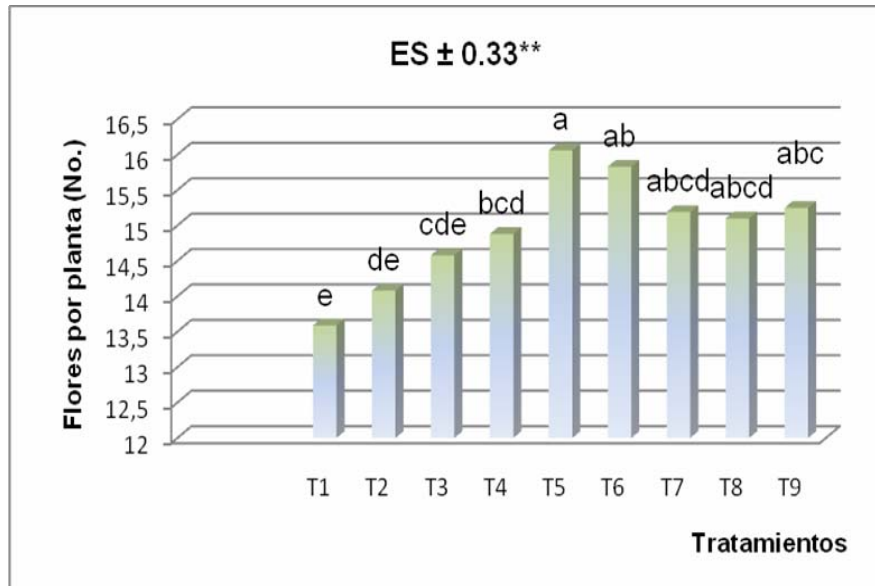


Fig. 2. Influencia de la combinación de Estimulante natural del crecimiento y HMA en la cantidad de Flores por Plantas. Medias con letras comunes no difieren significativamente según Duncan para $p < 0,05$. T1. Testigo absoluto, T2. Testigo Producción, T3. Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 25% NPK, T4 Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 50% NPK, T5 Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 75% NPK, T6. Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 100% NPK, T7 estimulante natural del crecimiento. T8 Estimulante natural del crecimiento + HMA. T9. HMA.

El mayor incremento en el número de flores se alcanzó con el 75% de NPK (T5) igual a 118%; aunque hubo una respuesta positiva en aquellos tratamientos que no recibieron dosis de fertilizantes minerales: T7 (Estimulante natural del crecimiento), T8 (estimulante natural del crecimiento + HMA) y T9 (HMA) con relación al T1 (testigo absoluto). Esto se explica por el papel estimulador de la nutrición, tanto del estimulante como del HMA inoculado.

Del mismo modo se corrobora lo reportado por Ferrer y col., (1991), con el incremento del número de flores cuando se utilizan las HMA, lo que destaca la importancia de añadir biofertilizantes a los cultivos para incrementar la producción. Arozarena (2005) reportó un incremento de la cantidad de flores cuando se combinó el estimulante natural del crecimiento (FitoMas E) con los fertilizantes minerales.

4.1.3 Influencia en la cantidad de frutos por plantas.

Por otro lado puede observarse (Fig. 3) que la dosis de fertilización NPK recomendada, (T2), T5 (Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 75% NPK) y T6 (Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 100% NPK), produjo un incremento significativo en la cantidad de frutos por planta. Este efecto se redujo al aplicar el estimulante natural del crecimiento + HMA con dosis de 25 y 50% de fertilizante mineral.

Cuando consideramos las variantes ecológicas (T1, T7, T8 y T9) el tratamiento T8 produce incrementos significativos con relación al resto de los tratamientos.

Arozarena (2005), en el Pepino reportó incrementos del número de frutos por plantas en un 12 % cuando aplicaba el estimulante natural del crecimiento FitoMas® – E asociado al uso de fertilizantes convencionales y de liberación lenta respectivamente

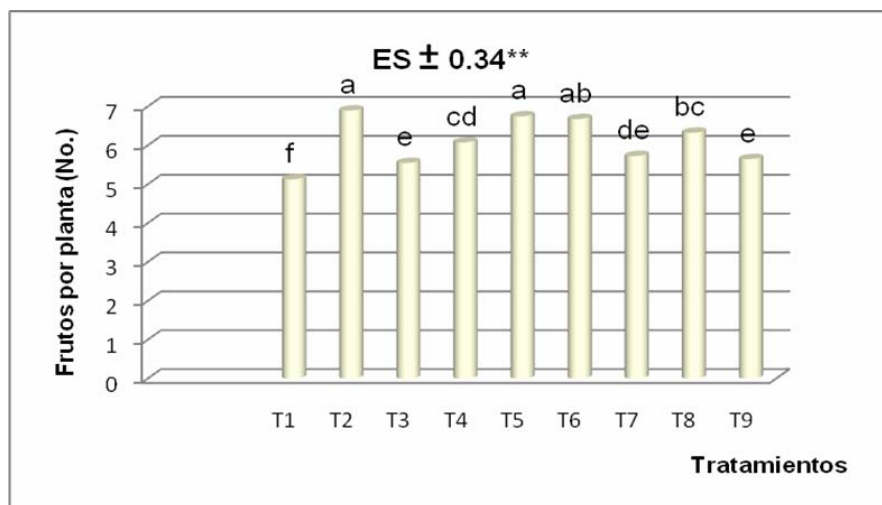
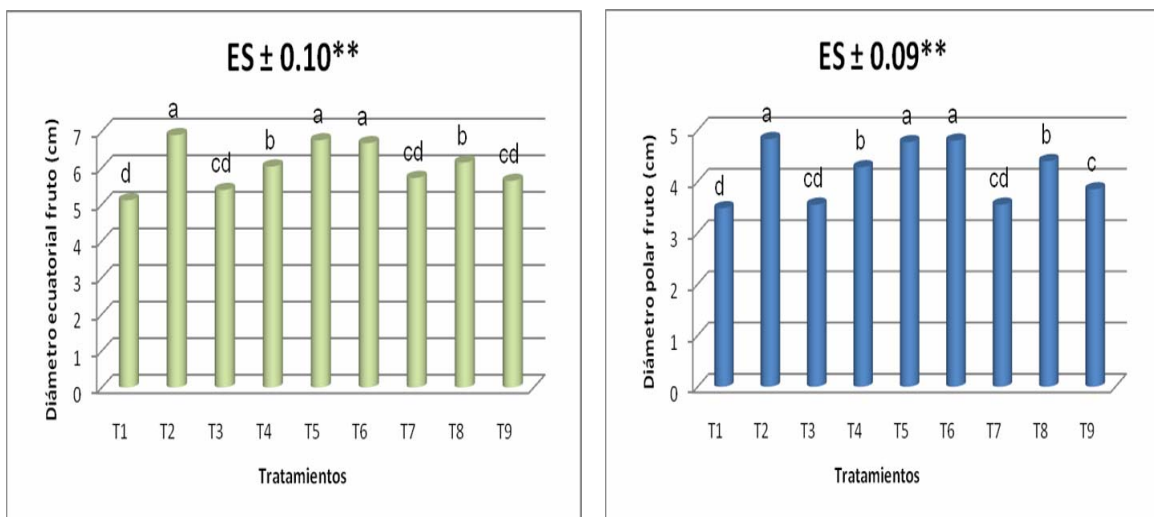


Fig. 3. Influencia de la combinación de Estimulante natural del crecimiento y HMA en la cantidad de Frutos por Plantas. Medias con letras comunes no difieren significativamente según Duncan para $p < 0,05$. T1. Testigo absoluto, T2. Testigo Producción, T3. Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 25% NPK, T4 Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 50% NPK, T5 Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 75% NPK, T6. Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 100% NPK, T7 estimulante natural del crecimiento. T8 Estimulante natural del crecimiento + HMA. T9. HMA.

4.1.4 Influencia en el diámetro del fruto.

Para el diámetro polar (DP) y ecuatorial (DE) del fruto se observó que existieron diferencias significativas entre los tratamientos (fig. 4), donde T2 (Testigo de producción) T5 (Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 75% NPK) y T6 (Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 100% NPK) mostraron la mayor diferencia con respecto al resto de los tratamientos, con valores para DE entre 6,68 - 6,90 y para DP entre 4,77- 4,83. Estos resultados coinciden con los obtenidos para las variables flores por plantas y frutos por plantas (fig. 2 y 3).

Los valores obtenidos son superiores a lo reportados por Dueñas y col. (2006), quienes al evaluar diferentes genotipos de tomate frente al virus del encrespamiento amarillo (TYLCV) en campo abierto encontraron valores de 6,16 (DE) y 4,78 (DP) para la variedad Mara



a

b

Fig.4. Influencia de la combinación de Estimulante natural del crecimiento y HMA el Diámetro del fruto. (a) diámetro ecuatorial y (b) diámetro polar. Medias con letras comunes no difieren significativamente según Duncan para $p < 0,05$. T1. Testigo absoluto, T2. Testigo Producción, T3. Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 25% NPK, T4 Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 50% NPK, T5 Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 75% NPK, T6. Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 100% NPK, T7 estimulante natural del crecimiento. T8 Estimulante natural del crecimiento + HMA. T9. HMA.

.Por otra parte Mujica (2009), reportó valores inferiores a los obtenidos en este estudio, al comparar diferentes especies de HMA, encontrando que la especie G.

mossae y *G. hoi* - *like*, tenían una respuesta significativa frente al testigo sin inocular.

Faustino (2006) obtuvo que con aplicaciones de estimulante natural del crecimiento FitoMas® – E 1L.ha⁻¹ se incrementaba el diámetro de la col, aumentando el rendimiento hasta un 38% con respecto al testigo.

4.1.5 Influencia en la masa promedio del fruto.

En la (fig. 5), los frutos más pequeños, con un peso promedio de 86.50 g, corresponden con el tratamiento testigo absoluto (T1). La variante del testigo de producción (T2), con 100% de NPK, incrementó el peso promedio de los frutos en 101.33g, lo cual correspondió a un 117% de incremento del peso de los frutos con relación al testigo absoluto (T1).

Al analizar los resultados obtenidos en esta variable para los tratamientos T3 (estimulante natural del crecimiento + HMA + 25% NPK), T4 (estimulante natural del crecimiento + HMA+ 50% de NPK), se observó que fueron significativamente superiores con relación al testigo absoluto (T1), no siendo así con relación a los tratamientos T2 (Testigo de producción) T5 (Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 75% NPK) y T6 (Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 100% NPK).

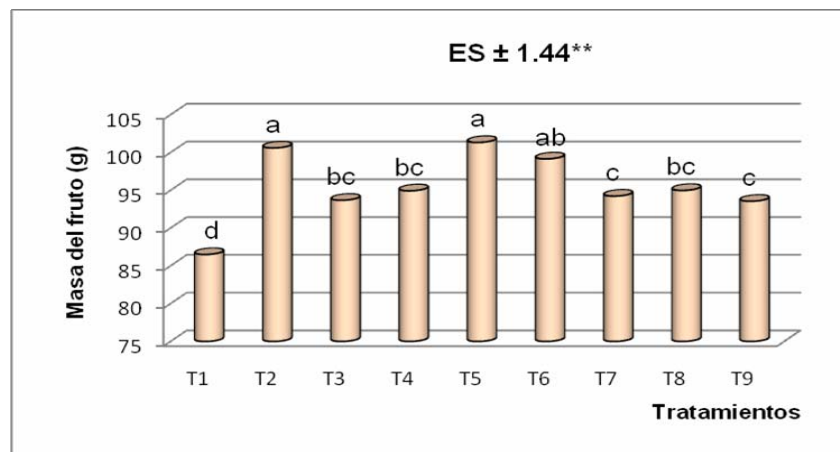


Fig. 5. Influencia de la combinación de Estimulante natural del crecimiento y HMA en la Masa promedio del fruto. Medias con letras comunes no difieren significativamente según Duncan para $p < 0,05$. T1. Testigo absoluto, T2. Testigo Producción, T3. Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 25% NPK, T4 Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 50% NPK, T5 Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 75% NPK, T6. Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 100% NPK, T7 estimulante natural del crecimiento. T8 Estimulante natural del crecimiento + HMA. T9. HMA.

En la medida que se incrementa la dosis de NPK, con la combinación de del estimulante natural del crecimiento y HMA, aumenta la masa promedio de los frutos T3 (Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 25% NPK), T4 (Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 50% NPK), T5 (Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 75% NPK) y T6 (Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 100% NPK)). Este efecto también se observó en el tratamiento T8 donde se combinó el estimulante natural del crecimiento con los HMA sin fertilizante mineral.

4.1.6 Influencia en el rendimiento.

La tabla 8 muestra los valores obtenidos en la variable rendimiento; donde se observó una respuesta significativamente superior para los tratamientos T2, T5 y T6; estos resultados coinciden con los obtenidos en las variables anteriormente estudiadas. El tratamiento T5 (Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 75% NPK), y T2 (Testigo de producción) incrementaron el rendimiento en 22,69 y 21.52 t.ha⁻¹ con respecto al testigo absoluto.

Resultados similares a estos fue obtenido por Terry y col. (2008) en cultivos protegidos, cuando inoculó HMA (*Glomus hoi - like*), dosis de fertilizantes minerales al 50% y un estimulante del crecimiento, sin diferencias con respecto al testigo de producción (100 % NPK) y con diferencias al compararse con las variantes sin fertilización.

Por otra parte en los tratamientos T3 y T4, donde se combinó la aplicación de HMA y el estimulante natural del crecimiento con el 25 y 50 % de la fertilización mineral, el rendimiento se incrementó en 5 y 11 t.ha⁻¹, respectivamente, con respecto al testigo absoluto (T1), aunque estos resultados no superaron al testigo de producción ni a los obtenidos con la utilización de la combinación del estimulante natural del crecimiento + HMA+ del 75 y 100% de la dosis de de NPK. Este resultado demuestra, al menos en las condiciones en que se realizó el experimento, que la aplicación combinada de hongos micorrízicos arbusculares y un estimulador del crecimiento vegetal puede ser una alternativa económica y

ecológicamente viable para la fertilización del tomate, con la cual se logra reducir las dosis de fertilizantes minerales a aplicar al cultivo, sin afectar su rendimiento.

El resto de los tratamientos, a los cuales no se le realizaron aplicaciones de fertilizantes mineral T7 (estimulante natural del crecimiento) y la utilización de los HMA (T9) sin las respectivas combinaciones estudiadas fueron los que menores rendimientos aportaron a la producción cuando lo comparamos con el testigo de producción (T2), pero estos mismos tratamientos obtuvieron valores superiores al testigo absoluto (T1) con incrementos entre 8 y 11 t.ha⁻¹. Resultados similares fueron reportado por Terry y col. (2008).

La combinación del estimulante natural del crecimiento con los HMA (T8) incrementó el rendimiento en 11 t.ha⁻¹, resultado similar al obtenido con la aplicación de fertilizante mineral en un 50 % combinado con el estimulante natural del crecimiento y los HMA.

Ruiz (2001), indicó que en plantas de raíces y tubérculos las distintas especies de HMA variaron en su respuesta a la fertilización; en este caso, la combinación de T5 (estimulante natural del crecimiento + HMA+ 75% NPK), permitió lograr una adecuada simbiosis planta – hongo micorrizógeno, lo que se manifestó en el rendimiento obtenido.

Tabla No. 8. Influencia de la combinación del estimulante natural del crecimiento y HMA en el rendimiento.

| Tratamientos | Rendimiento t ha ⁻¹ | Incremento rendimiento vs T1 (t) |
|---|-----------------------------------|--|
| T1. Testigo absoluto | 17.78 e | |
| T2. Testigo Producción | 39.30 a | 21,52 |
| T3. Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 25% NPK | 23.77 d | 5,99 |
| T4. Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 50% NPK | 28.84 b | 11,06 |
| T5. Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 75% NPK | 40.47 a | 22,69 |
| T6. Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 100% NPK | 38.34 a | 20,56 |
| T7. Estimulante natural del crecimiento | 26.11 c | 8,33 |
| T8. Estimulante natural del crecimiento + HMA | 29.40 b | 11,62 |
| T9. HMA | 26.23 c | 8,45 |
| ES _x | 1.27** | |

Medias con letras comunes no difieren significativamente según Duncan para $p < 0,05$.

Esta acción potenciadora cuando se mezclan bioproductos ha sido reportada para el estimulante natural del crecimiento FitoMas[®] – E por Montano (2007). Específicamente para la asociación FitoMas[®] – E + HMA existen experiencias en boniato y yuca (González, 2008; Fundora, 2009), donde se alcanzaron los rendimientos esperados con sólo el 50% y el 25% de las dosis de NPK recomendadas respectivamente.

Cuando se usan fertilizantes, el uso adicional del estimulante natural del crecimiento + HMA mejora siempre los resultados comparados con el testigo absoluto. Un efecto semejante ha sido reportado con la utilización del FitoMas[®] – E en cultivos como caña de azúcar, maíz, col, pimiento y tomate (Montano y col., 2006, González y col., 2003; Yumar, 2007; Faustino, 2006).

Esto concuerda con observaciones anteriores efectuadas en el cultivo de la caña donde en experimentos de larga duración sobre parcelas en las que se practicó ese cultivo durante 25 años sin fertilizar, se obtuvieron los mayores incrementos de rendimiento con el estimulante natural del crecimiento FitoMas[®] – E cuando se comparó con diferentes variantes de fertilización, (Montano, 2000; Montano 2007). Por otra parte Caballero y Martínez (1995) y Alarcón y col. (1998), obtuvieron altos rendimientos, de un 29 al 63.9% cuando aplicaron HMA en el cultivo del tomate.

Zuaznabal, (2005) y Díaz (2007) sugirieron la posibilidad de que el estimulante natural del crecimiento FitoMas[®] – E permite sustituir el 50 % de la fertilización mineral, manteniendo el mismo rendimiento de caña.

En general estos resultados concuerdan con los obtenidos por Cuevas (1998), al inocular HMA en el cultivo del tomate (variedad "Campbell-28") en un suelo Hidromórfico Gley Nodular Ferruginoso, logrando disminuir la dosis del fertilizante nitrogenado, con la inoculación de la especie *G. fasciculatum*, lo que evidencia también las potencialidades de eficiencia de esta especie, así como la posible especificidad de las especies frente al tipo de suelo empleado.

Como se puede observar, las cinco variables medidas (número flores por planta, número de frutos por planta, diámetro promedio del fruto, masa promedio del fruto y rendimiento) fueron fuertemente influidas por el estimulante natural del

crecimiento y los HMA o la combinación de ambos cuando se compara con el testigo absoluto.

4.2. Influencia de la aplicación del estimulante natural del crecimiento, HMA y dosis de fertilizantes mineral en algunos indicadores de calidad del fruto.

El brix y la acidez son indicadores del grado de madurez o calidad organoléptica en los frutos.

En la (tabla 9) se muestra como el (T1) testigo absoluto registró el menor porcentaje de brix y mayor porcentaje de acidez en comparación con los demás tratamientos, coincidiendo estos resultados en la mayoría de los tratamientos (T2) Testigo de producción, T3 (estimulante natural del crecimiento + HMA+ 25% NPK), T4 (estimulante natural del crecimiento + HMA+ 50% NPK), T7 (estimulante natural del crecimiento) y T8 (Estimulante natural del crecimiento + HMA), no así para el T9 (HMA), T5(estimulante natural del crecimiento + HMA+ 75% NPK) y T6 (estimulante natural del crecimiento + HMA+ 100% NPK), aunque tanto los valores de brix como de acidez, se encuentran dentro del rango adecuado, pues según Baugartder y col., (1998), recomiendan los valores óptimos de sólidos solubles totales (brix) por encima del 4% y la acidez en un rango de 0.4-0.6%.

En general, alto contenido de azúcar, pronunciado color rojo y buena consistencia están asociados con excelente calidad (Salunkhe y col., 1974).

Mediante al análisis de varianza se pudo determinar un efecto significativo al 95% de confianza de los tratamientos donde el T7 (Estimulante natural del crecimiento) muestra los valores mas significativos de la relación brix/acidez con 12.37%, sin diferencias significativas con T3 (Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 25% NPK), difiriendo del resto de los tratamientos. Según Kader y col.; (1978) valores altos de la relación indican una excelente combinación azúcar y ácido, en consecuencia mejor sabor, los frutos de alta calidad contienen más de 0,32 % de acidez, 3 % de SST y la relación Brix / acidez > 10.

Tabla 9. Efecto simple y combinado de la aplicación de estimulante natural del crecimiento y HMA en variables de calidad de los frutos.

| Tratamientos | Brix % | Acidez % | Relación brix/acidez (%) |
|---|---------------|---------------|--------------------------|
| T1. Testigo absoluto | 4,54 f | 0,52 e | 8.73 d |
| T2. Testigo Producción | 5,08 a | 0,45 c | 11.28 bc |
| T3. Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 25% NPK | 5,07 a | 0,43 b | 11.79 ab |
| T4. Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 50% NPK | 5,05 a | 0,45 c | 11.22 bcd |
| T5. Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 75% NPK | 4,67 e | 0,45 c | 10.37 bcd |
| T6. Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 100% NPK | 4,81 d | 0,46 c | 10.45 bcd |
| T7. Estimulante natural del crecimiento | 4,95 b | 0,40 a | 12.37 a |
| T8. Estimulante natural del crecimiento + HMA | 4,68 e | 0,45 c | 10.4 bcd |
| T9. HMA | 4,89 c | 0,50 d | 9.78 cd |
| ES _x | 0.008 | 0.01 | 0.38 |

Medias con letras iguales no difieren significativamente según Duncan para $p < 0,05$.

Excepto los tratamientos T1 (Testigo absoluto) y T9 (HMA), los demás tratamientos obtuvieron valores de relación brix/acidez por encima de 10. El tratamiento T9 (HMA) difirió estadísticamente de los tratamientos T3 (Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 25% NPK) y T7 (Estimulante natural del crecimiento), no comportándose de igual manera con respecto al resto de los tratamientos.

En la Tabla 10 se muestran los valores del coeficiente de correlación de Pearson (r^2) para las variables brix y acidez. Este es un coeficiente que toma valores entre -1 y 1, donde valores cercanos a 1 se interpretan como de alta correlación entre las variables en el mismo sentido lineal y valores cercanos a -1 también muestran una alta correlación lineal, pero en el sentido inverso, por otra parte, valores próximos a 0 significa baja correlación entre las variables.

Se observaron correlaciones negativas y significativas entre el brix y la acidez, lo cual concuerda con lo planteado por Ho (1996) y Romero-Lima (2000), al indicar que a medida que se incrementan los sólidos solubles totales, la acidez disminuye; estas características en su conjunto, le confieren el sabor agradable típico de los frutos de tomate.

Tabla 10. Correlación existente entre el brix y la acidez del fruto.

| | Brix | Acidez |
|---------------|-------------|---------------|
| Brix | 1 | -0.540 |
| Acidez | -0.540 | 1 |

4.3. Indicadores del funcionamiento micorrízico.

El grado de predominio de las especies microbianas en las raíces de las plantas está dado por el nivel de interacción planta-microorganismo, lo cual repercute en la selección e influencia de los mismos en función de la variabilidad de los exudados de las plantas inoculadas (Azcon, 2000).

Los valores de glomalina de los tratamientos con aplicaciones del estimulante natural del crecimiento, HMA y dosis de fertilizantes, fueron mayores, con diferencias significativas respecto al (T1) testigo absoluto.

El mayor contenido de esta glicoproteína total fue obtenido por el (T5) estimulante natural del crecimiento + HMA+ 75% NPK con un $12,69 \text{ mg.g}^{-1}$ (Fig. 6). Este valor fue superior a los encontrados por Morales y col. (2005) y Plana y col. (2008) quienes encontraron concentraciones de 6,4 a 10 mg.g^{-1} , y pudieran indicar un efecto beneficioso del estimulante, combinado con dosis adecuadas de fertilizantes, en la mejora de la actividad micorrízica de la cepa inoculada.

Por otra parte, los tratamientos donde no se aplicaron inoculantes micorrízicos (T1) testigo absoluto, (T2) testigo de producción y el (T7), estimulante natural del crecimiento, tuvieron valores bajos de esta variable, pero sin diferencias significativas con algunos de los tratamientos que fueron inoculados T3 (Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 25% NPK) y T9 (HMA), lo que reafirma lo anteriormente planteado. .

Suponiendo que en los tres tratamientos la colonización haya ocurrido por las micorrizas nativas encontradas en el suelo donde se realizó el estudio, tanto los fertilizantes como el estimulante natural del crecimiento propiciaron un incremento de la cantidad de esta glicoproteína superior al testigo absoluto (T1).

No obstante, los resultados de esta variable coinciden con otros estudios realizados por Nichols y col. (2004) y Plana y col. (2008), donde se demuestra que la glomalina producida por los HMA es producto de la simbiosis entre planta y microorganismo, y que además contribuye a una mayor estabilidad de los agregados del suelo, entre otras propiedades físicas de estos.

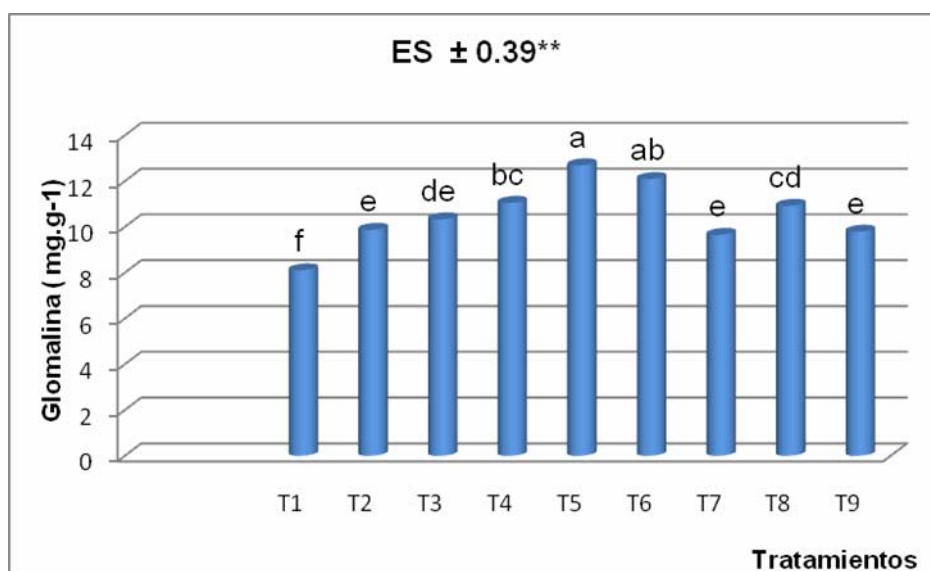


Fig. 6 Cantidad de Glomalina producida cuando se realizan aplicaciones de FitoMas[®] – E, HMA y dosis de fertilizante mineral. Medias con letras comunes no difieren significativamente según Duncan para $p < 0,05$. T1. Testigo absoluto, T2. Testigo Producción, T3. Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 25% NPK, T4 Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 50% NPK, T5 Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 75% NPK, T6. Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 100% NPK, T7 estimulante natural del crecimiento. T8 Estimulante natural del crecimiento + HMA. T9. HMA.

En la fig. 7 se aprecia que la colonización micorrízica resultó más efectiva en los tratamientos (T5) estimulante natural del crecimiento + HMA+ 75% NPK y T6 (estimulante natural del crecimiento + HMA+ 100% NPK) con valores superiores al 36 %, sin diferencias significativas entre ellos.

En el testigo se observaron valores de 13% de colonización radical, los que resultan inferiores en un 2% a lo informado por Terry (2004), quien encontró niveles de 15% en plantas testigo de tomate a los 60 ddt, durante dos años en la misma área experimental. Por otra parte Mujica (2009) reportó valores de 55% de colonización radical.

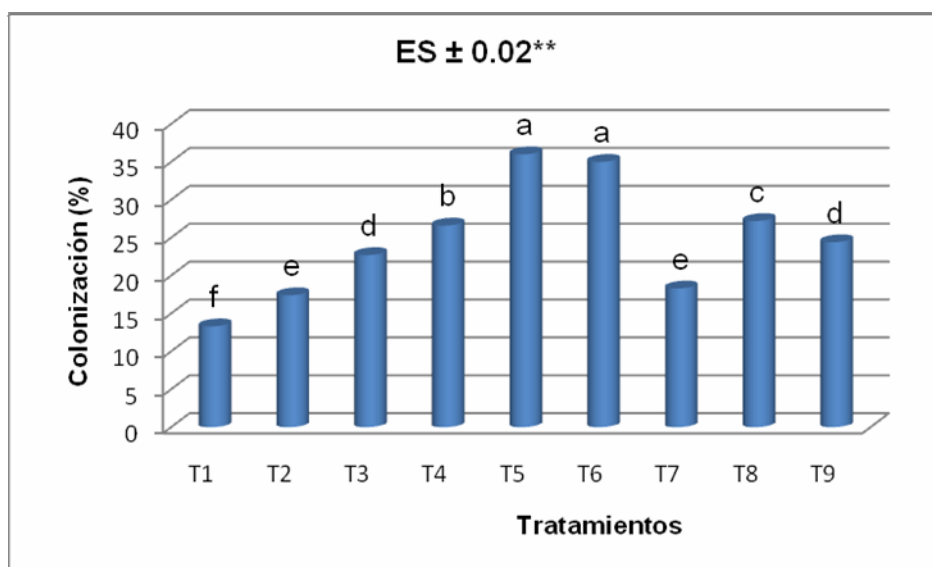


Fig.7. Porcentaje de colonización obtenido cuando se realizan aplicaciones de de FitoMas[®] – E, HMA y diferentes dosis de NPK. Medias con letras comunes no difieren significativamente según Duncan para $p < 0,05$. T1. Testigo absoluto, T2. Testigo Producción, T3. Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 25% NPK, T4 Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 50% NPK, T5 Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 75% NPK, T6. Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 100% NPK, T7 estimulante natural del crecimiento. T8 Estimulante natural del crecimiento + HMA. T9. HMA.

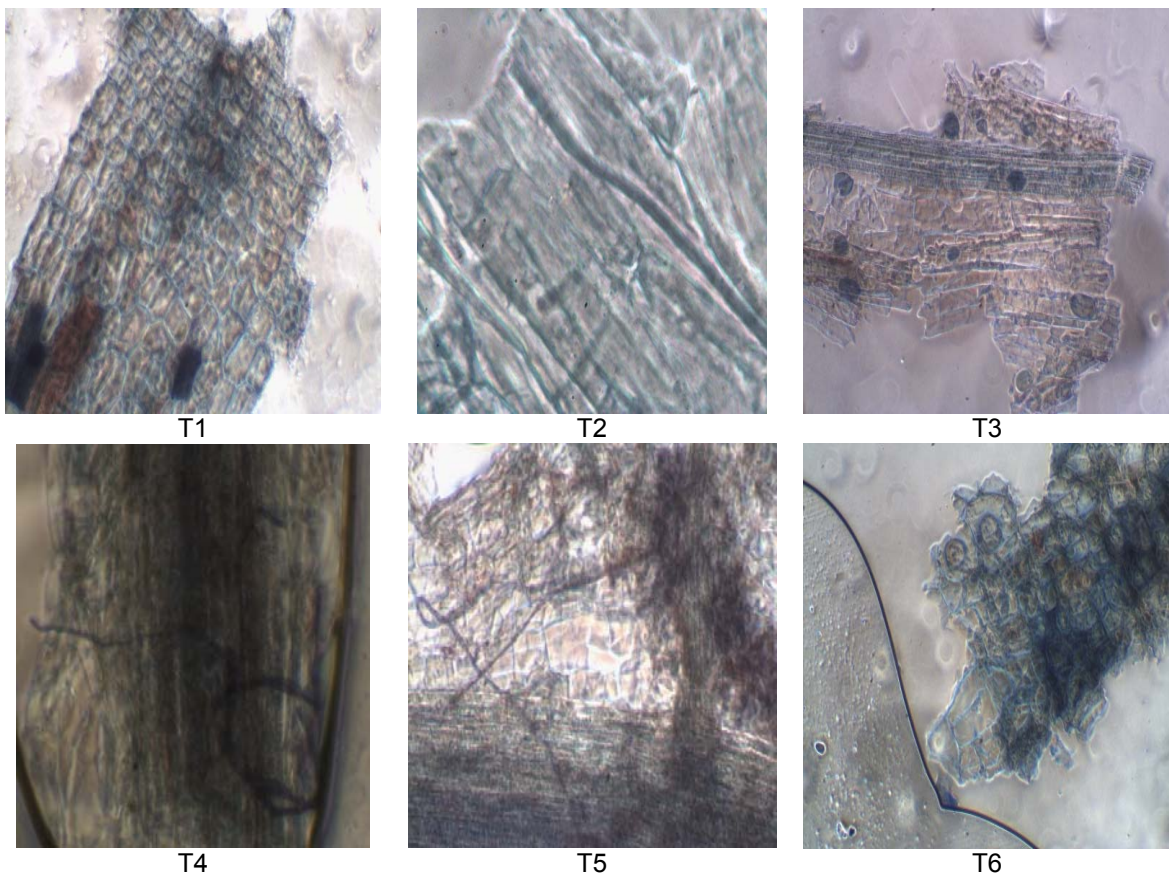
Todos los tratamientos que recibieron la combinación del estimulante natural del crecimiento, HMA y dosis de fertilizantes T3 (Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 25% NPK), T4 (Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 55% NPK), T5 (Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 75% NPK) y T6 (Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 100% NPK), manifestaron una eficiencia estadísticamente superior al testigo de producción (100 % NPK).

Debe señalarse que la presencia de cepas nativas presentes en este suelo manifestó valores aceptables de colonización, siendo el T7 (estimulante natural del crecimiento) el que registró los valores superiores al testigo absoluto (T1) y sin diferencias con el testigo de producción (T2).

Este comportamiento puede deberse en parte al aporte del estimulante natural del crecimiento FitoMas[®] – E de sustancias biológicas de alta energía, parte de las cuales son metabolizadas por la planta y traslocadas a las raíces en donde contribuyen a la proliferación microbiológica local (Montano y col 2006).

Por otra parte este comportamiento también puede deberse a la presencia de propágulos micorrízicos provenientes de inoculaciones previas y sucesivas con diferentes especies de HMA del INCA (*G. clarum*, *G. fasciculatum*, *G. mosseae* y mas recientemente, *G.hoi-like*), Fundora (2007). Este fenómeno unido al hecho que el tomate se siembra anualmente en la misma área, puede haber determinado que dichos hongos micorrizógenos se hayan adaptado a esas condiciones edáficas y al cultivo en cuestión, por lo que poseen alto poder infectivo (Mujica, 2009).

En la (Fig.8) se presentan imágenes donde se observa como se comporto la colonización de la raíz por el hongo en presencia del estimulante natural del crecimiento y dosis de fertilizantes. En el testigo absoluto (T1) no se observa presencia de hifas y esporas, en el resto de los tratamientos se aprecia como existe una presencia más visible de la ocupación fúngica en la raíz.



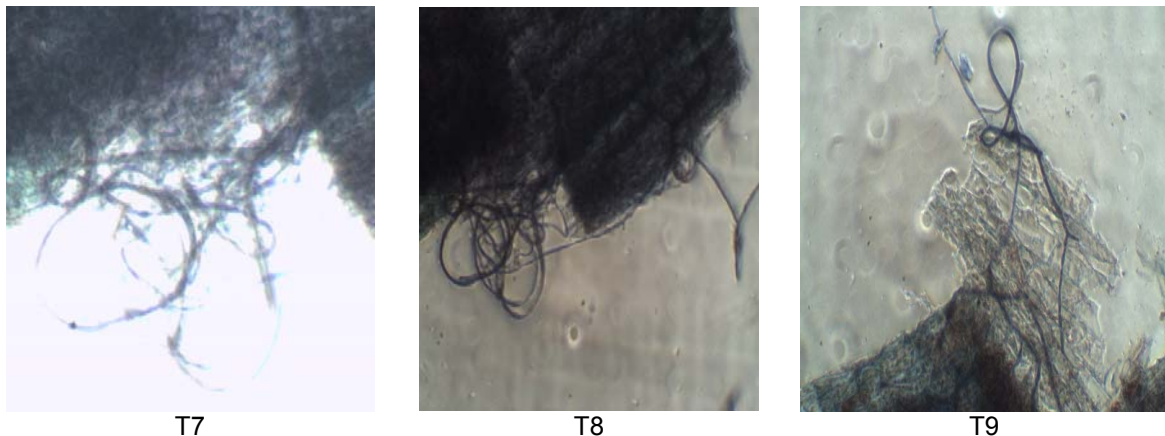


Fig. 8. Colonización fúngica de la raíz en plantas de tomate var. "Amalia. T1. Testigo absoluto, T2. Testigo Producción, T3. Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 25% NPK, T4 Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 50% NPK, T5 Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 75% NPK, T6. Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 100% NPK, T7 estimulante natural del crecimiento. T8 Estimulante natural del crecimiento + HMA. T9. HMA.

Al analizar la densidad visual (DV), indicador que refleja la intensidad de la colonización micorrízica, pues expresa la cantidad porcentual de estructuras fúngicas en el interior de la raíz, se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados (Fig. 9) una vez más se confirmó como las cepas nativas están ejerciendo su colonización natural ya que prácticamente igualan los valores de las plantas inoculadas para cada condición. Se observó que existen diferencias significativas entre los tratamientos inoculados y no inoculados con respecto al testigo, siendo los tratamientos T5 (Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 75% NPK) y T6 (Estimulante natural del crecimiento HMA 75 y 100 % NPK) las que alcanzaron los mayores valores, lo que demuestra que la combinación de los dos bioproductos empleados funcionan con una sinergia en condiciones edáficas de alta fertilidad.

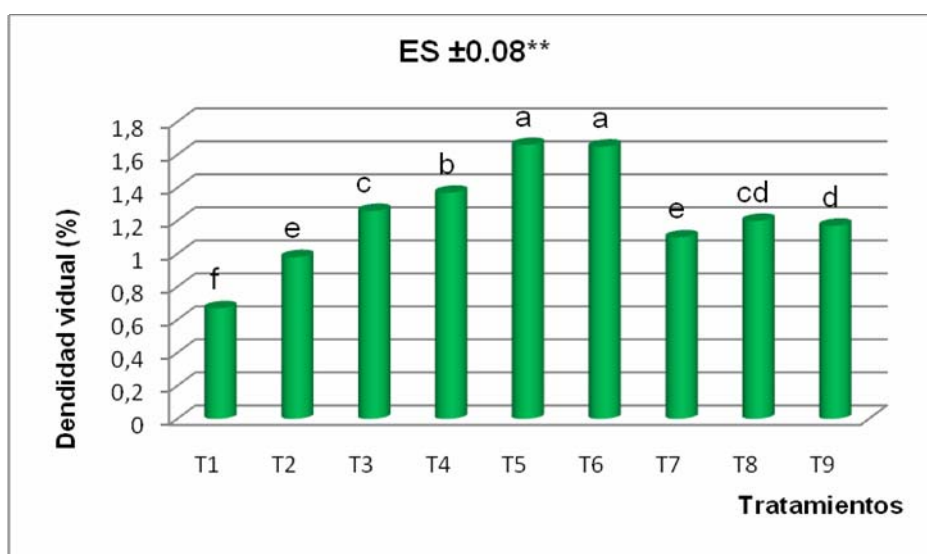


Fig. 9. Influencia de la aplicación combinada de Estimulante natural del crecimiento, HMA en la densidad visual. Medias con letras comunes no difieren significativamente según Duncan para $p < 0,05$. T1. Testigo absoluto, T2. Testigo Producción, T3. Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 25% NPK, T4 Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 50% NPK, T5 Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 75% NPK, T6. Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 100% NPK, T7 estimulante natural del crecimiento. T8 Estimulante natural del crecimiento + HMA. T9. HMA.

Resultados similares a los obtenidos fueron reportados por Mujica (2009) con la especie *Glomus Hoi-like* con aplicaciones del 75 y 100 % de fertilizantes mineral.

A pesar de haber existido una alta colonización (35%) se observaron bajos niveles de intensidad (0,6- 1,6 % DV), y esto puede deberse a que la planta de tomate se encuentra en una etapa de crecimiento y desarrollo activo, lo que sugiere que la planta-hongo se encuentran en la fase primaria de la simbiosis.

Fernández y col. (2006) y Mujica (2009) reportaron valores para la densidad visual de 3,20 a 4% cuando utilizaron la especie *Glomus Hoi.like* en el cultivo del tomate variedad Amalia a los 45 y 30 ddt respectivamente.

Para la masa del endófito nuevamente los resultados se comportan de forma similar a los ya discutidos, el tratamiento T5 tienen una respuesta significativa con respecto al resto de los tratamientos y no difiere con el tratamiento T6 (Fig. 10).

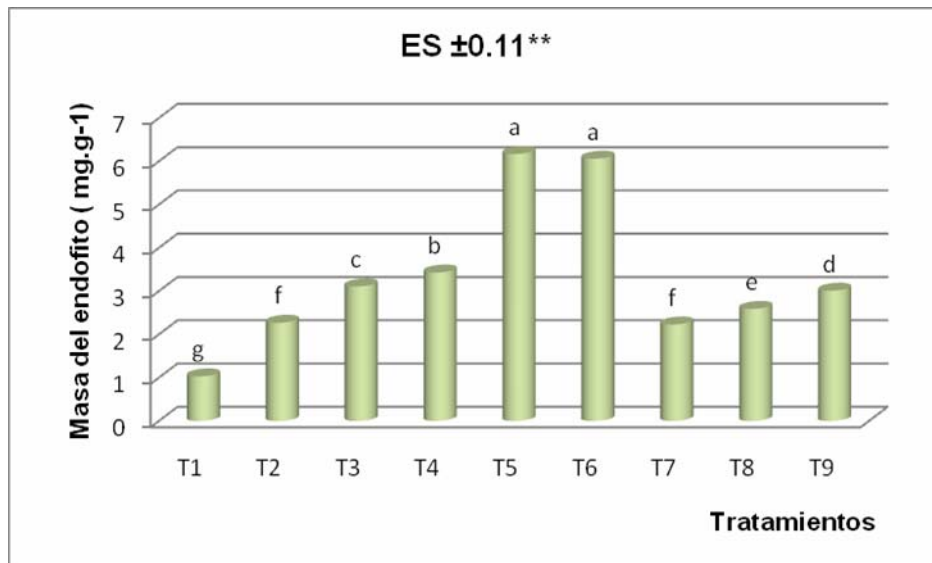


Fig. 10. Influencia de la aplicación combinada de FitoMas® – E, HMA en la masa del endófito. Medias con letras comunes no difieren significativamente según Duncan para $p < 0,05$. T1. Testigo absoluto, T2. Testigo Producción, T3. Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 25% NPK, T4 Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 50% NPK, T5 Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 75% NPK, T6. Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 100% NPK, T7 estimulante natural del crecimiento. T8 Estimulante natural del crecimiento + HMA. T9. HMA.

De manera general se observó una correspondencia entre los tratamientos estudiados y los mejores valores de las variables analizadas, tanto las morfoagronómicas como las del rendimiento y funcionamiento fúngico, lo cual permite establecer que el mejor tratamiento fue el T5 (estimulante natural del crecimiento + HMA+ 75% NPK).

4.4. Influencia de la aplicación del estimulante natural del crecimiento y HMA en el estado nutricional de las plantas en el cultivo de Tomate Variedad “Amalia”.

El tomate es exigente en cuanto a niveles de nutrición mineral apropiados debido principalmente al gran volumen de frutos producidos por unidad de superficie. La cantidad de nutrientes encontrados en los frutos cosechados es relativamente superior cuando se compara con otras hortalizas (Nuez ,1995 y Cuartero, 2001). Terry, (2004) planteó que las plantas cuando son inoculadas con microorganismos que estimulan su crecimiento y desarrollo o son tratadas con algún producto

bioestimulante, presentan una mayor capacidad para absorber más eficientemente el agua y los nutrientes del suelo, a través del estímulo provocado en el sistema radical, que se refleja en el estado nutricional de las plantas.

En la Tabla 11, se reflejan los resultados obtenidos en los análisis foliares sobre los contenidos en nitrógeno, fósforo y potasio presentes en raíces, tallos y hojas de plantas de tomate, inoculadas con HMA del género *Glomus hoi-like*, y aplicaciones asperjadas con el estimulante y las aplicaciones de los fertilizantes.

Cuando se examinó el comportamiento de los porcentajes de N, P y K para todos los tratamientos, se evidenció que existen diferencias significativas para el nitrógeno, no así para el fósforo y el potasio.

Tabla 11. Influencia de la aplicación del estimulante natural del crecimiento y HMA en los contenidos de NPK de la biomasa.

| No | Tratamientos | N foliar (%) | P foliar (%) | K foliar (%) |
|----|--|----------------|--------------|--------------|
| 1 | Testigo | 2.40 d | 0.52 | 4.67 |
| 2 | NPK | 3.25 a | 0.53 | 4.87 |
| 3 | Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 25% NPK | 2.65 cd | 0.54 | 4.60 |
| 4 | Estimulante natural del crecimiento + HMA + 50% NPK | 2.65 cd | 0.53 | 4.67 |
| 5 | Estimulante natural del crecimiento + HMA + 75% NPK | 3.05 ab | 0.54 | 4.65 |
| 6 | Estimulante natural del crecimiento + HMA + 100% NPK | 3.18 a | 0.53 | 4.71 |
| 7 | Estimulante natural del crecimiento | 2.58 cd | 0.52 | 4.62 |
| 8 | Estimulante natural del crecimiento + HMA | 2.81 bc | 0.54 | 4.59 |
| 9 | HMA | 2.75 bc | 0.53 | 4.54 |
| | ESx | 0.09** | 0.002 | 0.11 |

Medias con letras comunes no difieren significativamente según Duncan para $p < 0,05$.

Azcón y Barea (1992) plantean que la actividad micorrízica puede favorecer la absorción del nitrógeno.

Para los casos del fósforo y el potasio, era lógico esperar este comportamiento pues sus contenidos iniciales en el suelo eran altos (Tabla 5), efecto propiciado por fertilizaciones intensivas durante largos periodos en dicha área experimental.

Al analizar los valores que se alcanzan para el nitrógeno se comprueba que los tratamientos T2, (100% NPK), T5 (Estimulante natural del crecimiento + HMA+

75% NPK) y T6 (Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 100% NPK), se logran diferencias altamente significativas con respecto al resto de los tratamientos, confirmando que en las plantas micorrizadas la nutrición nitrogenada se ve favorecida, aspecto asociado con un mayor volumen de suelo explorado por las hifas así como con una mayor eficiencia en la traslocación del nutriente hacia las raíces.(Bertha y col., 1990; Izquierdo y col., 1994, Agüero, 2006).

En este caso los tratamientos T2 (100% NPK), T5 (Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 100% NPK) y T6 (Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 75% NPK) incrementaron con respecto a testigo absoluto (T1), en un 0.85,0.65 y 0.78% para el contenido de nitrógeno.

En los tratamientos que recibieron la combinación con los HMA + estimulante natural del crecimiento con dosis de 25, 50, 75 y 100% NPK (T3, T4, T5, T6) se diferencian significativamente con respecto al T1 (testigo absoluto).

Estudios realizados por Hodge y col., 2001 citado por Varma (2008) muestran participación de los HMA en la descomposición de la materia orgánica de los suelos cultivados de pastos. En este trabajo dichos autores encontraron que las hifas externas de los HMA colonizaron raíces que fueron abastecidas con N^{15}/C^{13} y los resultados demostraron la relación lineal entre el contenido de nitrógeno en las plantas y la densidad de hifas en la materia orgánica, lo que permitió concluir que la hifas de los HMA incrementaron la traslocación de carbono del suelo a la planta huésped y la actividad de los microorganismos, los que a su vez se encargaron de descomponer y liberar nutrientes.

En el caso de las variantes ecológicas, podemos ver como el T7 (Estimulante natural del crecimiento) no se diferencia con el T1 (testigo absoluto), pero al combinarlo con HMA (T8) este se incrementa con diferencias significativas con respecto a T1.

Parece ser que las pequeñas contribuciones de sales minerales y compuestos bioquímicos de elevada energía (ICIDCA, 2004) aportados por el estimulante, resultan beneficiosos para la actividad metabólica de los microorganismos presentes en el sistema, todo lo cual contribuye a un aumento en la solubilización

de los nutrientes, haciendo que lleguen más rápidamente a las raíces, mejorándose el estado nutricional de las plantas (Arteaga, 2003; Ferry, 2004).

De los tres elementos es el potasio el absorbido en mayores proporciones, seguido del nitrógeno y el fósforo, lo que coincide con lo planteado por Shibara e Inobushi, 1997, citados por Novella (2001).

Se puede plantear que los valores de NPK obtenidos (tabla No. 11) para el nitrógeno y el fósforo están por debajo de los valores estimado por Bennett (1996). Solamente los tratamientos T2 (testigo de producción), T5 (Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 75% NPK) y T6 (Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 100% NPK), tienen valores por encima de 3% en el nitrógeno, no comportándose de igual manera para el potasio. Este autor en el cultivo del tomate, en condiciones de campo abierto, estimó rangos de 3.0 - 5.0% de nitrógeno, 0.70 - 1.30% de fósforo y potasio 2.16- 6%.

Cuando se analiza el comportamiento de la extracción en base peso seco (tabla 12) se comprobó que existieron diferencias significativas en todos los tratamientos para los tres elementos, encontrándose las mayores extracciones el tratamiento T5 (112, 49 y 64 kg.ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O respectivamente + HMA + estimulante natural del crecimiento), el cual produjo los mayores rendimientos. Para el elemento fósforo el T2 (testigo de producción) tubo una extracción similar al tratamiento T9 (MHA) sin diferencias estadísticas entre si.

Tabla 12. Comportamiento de la extracción de nutrientes en kg.ha⁻¹

| Tratamientos | N | P | K |
|---|-----------------|----------------|-----------------|
| T1. Testigo absoluto | 109,37 i | 23,70 h | 212,81 i |
| T2. Testigo Producción | 170,23 c | 27,76 e | 255,09 e |
| T3. Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 25% NPK | 126,19 h | 25,71 f | 219,04 h |
| T4. Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 50% NPK | 145,12 e | 29,02 d | 255,73 d |
| T5. Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 75% NPK | 181,54 a | 32,14 a | 276,78 a |
| T6. Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 100% NPK | 177,92 b | 29,65 c | 263,53 b |
| T7. Estimulante natural del crecimiento | 135,14 g | 27,24 f | 241,99 f |
| T8. Estimulante natural del crecimiento + HMA | 157,22 d | 30,21 b | 256,82 c |
| T9. HMA | 144,04 f | 27,76 e | 237,80 g |
| ESx | 0, 89 | 0,39 | 0,31 |

Medias con letras comunes no difieren significativamente según Duncan para p<0,05.

Entre los tratamientos a los que no se le aplicó NPK (T1, T7, T8, y T9), se observó que existe diferencia significativa estadísticamente entre el (T1) Testigo absoluto y el resto de los tratamientos, siendo el T8 (Estimulante natural del crecimiento + HMA) el que reportó los mayores valores de los tratamientos que no recibieron aplicaciones de fertilizantes mineral.

Las extracciones en todos los casos se comportaron con valores superiores cuando se comparan con el testigo absoluto.

Por otra parte es bueno señalar que en la extracción de nutrientes pueden influir muchos factores, como el tipo de cultivo y su sistema radical, las condiciones climáticas, el suelo y su fertilidad y la incidencia de plantas arvenses, entre otros factores Domínguez (1982) planteó que el tomate es un cultivo que extrae cantidades modestas de nutrientes en relación con otros cultivos pues, para una cosecha de 40 t, puede extraer 120, 25, 150 kg.ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente, pudiendo extraer entre el 20 y el 30 % de nitrógeno hasta el inicio de la floración, pero estos valores se incrementan significativamente con la formación de los órganos reproductivos.

De los elementos, el potasio realizó las mayores extracciones, resultados similares fueron reportados por Cabrera y col. (2007) en cultivos protegidos, donde se obtuvieron extracciones de 142, 15 y 252 para el N, P y K, respectivamente.

Estudios realizados por Sánchez (2002), Irizar y col. (2003), Aguirre (2006) y Díaz y col. (2008) demostraron el efecto positivo de los HMA en la reducción del consumo de fertilizantes químicos sin afectar el rendimiento en varios cultivos, mientras que Ruiz (2001) indicó para el cultivo del boniato, que las distintas especies variaban en su respuesta a la fertilización; en este caso, las dosis de fertilizante nitrogenado aplicadas, permitieron que se lograra una adecuada simbiosis planta-hongo micorrizógeno, lo que manifestó en el rendimiento obtenido.

4.5. Evaluación Económica.

Realizando una valoración general de los resultados presentados en este trabajo (Tabla 13), se muestran los valores de los diferentes indicadores económicos que fueron calculados. Se pudo demostrar que los mayores beneficios económicos se obtienen con el tratamiento T5 (Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 75% NPK) que se traducen, por una parte, en ganancias de 3889,91 pesos.ha⁻¹ por concepto de prescindir del 75% del fertilizante mineral que requiere el cultivo, siendo este complementado con la aplicación de los productos objeto de este estudio.

A este resultado se suma el beneficio ecológico que recibe el agroecosistema producto de la menor cantidad de fertilizante mineral aplicado al suelo, indicador éste que aún no es considerado en los análisis económicos.

En el caso de las alternativas ecológicas T7 (Estimulante natural del crecimiento), T8 (Estimulante natural del crecimiento + HMA) y T9 (HMA), la combinación HMA + estimulante natural del crecimiento (T8) logra la mayor ganancia con un efecto económico de 1141.76 pesos.ha⁻¹ con respecto al testigo de producción, por otra parte económicamente estas variantes, en la que se prescinde de la fertilización mineral, se compensa en parte, si se toma en cuenta que para estos productos, la calidad biológica de la producción le confiere valores agregados para una mejor calidad de vida del consumidor. No obstante, ante la presente escasez de fertilizantes minerales para estos cultivos hortícolas, el tratamiento 8 pudiera ser una variante a considerar en la biofertilización de este cultivo.

Pudiera recomendarse el tratamiento T8 (Estimulante natural del crecimiento + HMA) para aquellas condiciones en la que no se cuente con fertilizantes minerales, como una forma de lograr rendimientos aceptables en el cultivo, siendo además una opción ecológica.

Cuando se aplica el estimulante natural del crecimiento + HMA + NPK en diferentes concentraciones (25 y 50 %), el efecto económico de las nuevas tecnologías T4 (Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 50% NPK)) supera al

testigo de producción, no así el tratamiento T3 (Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 25% NPK) que reporta pérdida económica.

Desde el punto de vista económico el T5 (Estimulante natural del crecimiento + HMA+ 75% NPK), reportó un ahorro del 25 % de fertilizante mineral, importante en las condiciones actuales de nuestro país y el alto costo de los fertilizantes en el mercado mundial.

Tabla 13. Costos e ingresos de la combinación del FitoMas® – E, HMA y dosis de NPK en el cultivo de tomate var. Amalia.

| Tratamientos | Valor de la Producción (Pesos.ha-1) | Costo del Fertilizante (Pesos. ha-1) | Efecto económico (Pesos. ha-1) |
|--|-------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|
| T1 Testigo Absoluto | 6183,88 | | |
| T2. Testigo Producción 100% NPK | 13668,54 | 620 | |
| T3. Estimulante natural del crecimiento + HMA + 25% NPK | 8267,206 | 158,95 | - 4940,28 |
| T4. Estimulante natural del crecimiento + HMA + 50% NPK | 10030,552 | 313,95 | 1608,35 |
| T5. Estimulante natural del crecimiento + HMA + 75% NPK | 14075,466 | 468,95 | 3889,91 |
| T6. Estimulante natural del crecimiento + HMA + 100% NPK | 13334,652 | 623,95 | - 699,16 |
| T7. Estimulante natural del crecimiento | 9081,058 | 1,45 | - 3827,74 |
| T8. Estimulante natural del crecimiento + HMA | 10225,32 | 3,95 | 1141,76 |
| T9. HMA | 9122,794 | 2,5 | - 1101,08 |

5 .Conclusiones

1. La combinación del estimulante natural del crecimiento FitoMas[®] – E + HMA y 75 % de la dosis de NPK provocó, en los indicadores del crecimiento, resultados similares a los alcanzados con la aplicación del 100 % de la fertilización mineral.
2. El uso combinado de estimulante natural del crecimiento + HMA y el 75 % de la dosis de NPK produjo los mayores porcentajes de colonización micorrízica y densidad visual, así como los mayores contenidos de glomalina.
3. La inoculación con los HMA, más el estimulante natural del crecimiento y el 75 % de la dosis de NPK, ejercieron un efecto positivo en el estado nutricional de las plantas, estimularon la producción del cultivo del tomate en 40 t.ha⁻¹.
4. La combinación de los HMA, más el estimulante natural del crecimiento en ausencia de la fertilización mineral en condiciones de campo abierto, produjo rendimientos por encima de las 25 t.ha⁻¹.
5. Con la combinación de estimulante natural del crecimiento y HMA se logró reducir un 25 % de la dosis de fertilizante mineral recomendada para el cultivo.
6. La tecnología donde se combinan los HMA, más el estimulante natural del crecimiento con la fertilización mineral al 50 y 75%, permitió obtener un mayor efecto económico (Ec), superior a lo obtenidos en la variante convencional de producción de tomate lo que demuestra su factibilidad económica.

6. Recomendaciones

1. En condiciones similares a las que se realizó este trabajo, aplicar FitoMas[®] – E+ HMA (*Glomus hoi-like*) y el 75 % de la dosis de fertilizante mineral recomendada para el cultivo.
2. Evaluar la combinación de FitoMas[®] – E+ HMA en otras condiciones edáficas y variedades de tomate, tomando como base los resultados del presente trabajo.
3. Realizar estudios en la fase de semillero con la combinación de FitoMas[®] – E+ HMA y comprobar su efectividad para la obtención de posturas de calidad.
4. Utilizar estos resultados como material de consulta para estudiantes de pre y postgrado, productores e investigadores del sector agrícola.

7. Bibliografía

1. Alarcón, A; Rodríguez, P.; Furrázola, E. ; Boicet, T. 1998. Evaluación de la efectividad de endomicorrizas arbusculares nativas de la región Bayamo en el cultivo del tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill). En: Taller de Biofertilización en los Trópicos. Programa y Resúmenes. Seminario Científico del INCA (4, 11 : 1998 : La Habana) p.191.
2. Almenares, R. 2007.Efecto del FitoMas E en el cultivo de la cebolla (*Allium cepa* L.). Tesis en opción al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Agraria de La Habana. Julio
3. Altieri, M. 1997. Agroecología. Bases científicas para una agricultura sustentable . CLADES. ACAO.3ra Ed. La Habana., 249 p.
4. Agrobot. 2004. Cultivo de tomate. Producción Hortícola. [en línea] Disponible en:http://www.agrobot.com.ar/Info_tecnica/Alternativos/horticultura/AL_000014ho.htm. [Consulta: diciembre 27, 2005].
5. Aguirre, J. 2006.Biofertilizantes Microbianos: Experiencias Agronómicas del Programa Nacional del INIFAP en México. Campo experimental Rosario Izapa, INIFAP. Libro Técnico no.2. México, 206 p.
6. Agüero, M. Y., Tamayo, E., Novella, R., Machado, M. A., Batista, D., Álvarez, Y., Ojeda, M. C. 2006. Respuesta del cultivo del tomate a la aplicación de fertilizantes mineral y micorrizas arbusculares en condiciones de la provincia de Granma. Prog. Y Res. XV Seminario Científico INCA.
7. Álvarez, M. G. y col., 2004. 'Amalia', A Medium Fruit-size, Heat-tolerant Tomato Cultivar for Tropical Conditions". HortScience 39(6):1503-1504.
8. Alvarez, M. 1997. Amalia y Mariela, dos nuevas variedades de tomate para consumo fresco. Cultivos Tropicales., 18(1):83.
9. Angelov, L. 1974. The effect of mineral fertilizer in certain feature of detreminate tomato cultivars. Gradinarika, Lozarska Nanka. 2(1): 71-76.
10. Arozarena, N. 2005. Influencia del FitoMas en el Cultivo del Tomate bajo condiciones de Cultivo Protegido. Informe interno. La Habana: INIFAT.
11. Arteaga, M. 2003. Resultados de la aplicación del Liplant sobre un suelo Ferralítico Rojo al evaluar algunos indicadores biológicos y productivos de tres cultivos . Tesis de Maestría . UNAI-I. La Habana, Cuba
12. Azcon, R. 2000. Papel de la Simbiosis Micorrízica y su interacción con otros micrororganismos rizosféricos en el crecimiento vegetal y sostenibilidad agrícola. En: Ecofisiología, Fisiología y Biotecnología de la Micorriza Arbuscular. A. Alarcon y r. Ferrera-Cerrato (eds=. IRENAT- Colegio de Postgraduados. Montecillo. Mundi Prensa, Mexico, 2000, p. 1-15
13. Azcón - Aguilar, C.; García - García, F. y J. M. Barea. 2001. Germinación y crecimiento axénico de los hongos formadores de Micorrizas vesículo arbusculares. En: Fijación y movilización biológica de nutrientes. II. Nuevas

- Tendencias. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid. p: 129-149.
14. Azcón-Aguilar, C. and Barea, J.M. 1992. Interactions between mycorrhizal fungi and other rhizosphere microorganisms. En: Mycorrhizal functioning. An integrative plant- fungal process. Chapman y Hall, New York.
 15. Baron, G.; Barés, C.; Maradei, F. 2000. Manejo poscosecha del tomate. Imprenta del Mercado Central de Buenos Aires. Argentina.
 16. Barea, J. M. 2003. Las micorrizas arbusculares componente clave en la productividad y estabilidad de agroecosistemas. Departamento de Microbiología de Suelos y sistemas Simbióticos, Estación Experimental del Zaidín, Granada, España, 50p.
 17. Barcenas, A.; Almaraz, C.; Reyes, L.; Varela, L.; Lara, B.; Guillén, A.; Carreón, Y.; Aguirre, S. y Chavez, A. 2007. Diversidad de hongos micorrizógenos arbusculares en Huertos de aguacate en Michoacán. Proceedings VI World Avocado Congress (Actas VI Congreso Mundial del Aguacate), Viña del Mar, Chile. 12-16 Nov. ISBN No. 978-956-17-0413-8.
 18. Baugarther, J. y col. 1998. Nitricao mineral de hortalicas. 2da Ed. Sao Pablo. Fundacao cargill., 132 p.
 19. Bennett, A. 1996. Nutrient deficiencies and toxicities in crop plants. USA: American Phytopathological Society, 202 pag.
 20. Bertha, A. y Col. 1990. Morphogenetic modifications induced by the micorrhizal fungus *Glomus* strain E 3 in the root system of *Allium porrum* L. *New Phytologist*. 114: 207-215.
 21. Borges, O; Matos, H; Masfarroll, D; Videaux, María R. 2005. Resultados preliminares del empleo del FitoMas E en el cultivo del tabaco Tapado en Guantánamo (variedad Criollo 98). Informe Interno.
 22. Borges, O; 2006. Efecto del FitoMas E en Frijol común. Plantado sobre suelo salino. Guantánamo. Estación de suelo de Guantánamo. VII Encuentro de Agricultura Orgánica. Memorias. La Habana.
 23. Borie, F., Rubio, R., Rouanet, J.L., Morales, A., Castillo, C. 2000. Relación entre longitud de hifas de hongos micorrizógenos arbusculares y producción de glomalina con las características físicas y químicas de suelos bajo Cero Labranza. *Rev. Chil. Hist. Nat.* 73: 749-756.
 24. Borie, F., Rubio, R., Rouanet, J.L., Morales, A., Castillo., Borie, G., Rojas, C. 2006. Effect of tillage systems on soil characteristics, glomalin and mycorrhizal propagules in a Chilean Ultisol. *Soil Till. Res.* (en prensa).
 25. Bronstein, J.L. 1994. Our current understanding of mutualism. *The Quarterly Review of Biology*. 69: 31-51.
 26. Caballero, D.; Martínez, F. 1995. Influence of biofertilization of VMA on growth of *Lycopersicon esculentum*. *Ann. Applied Biol.* 74: 379-385.
 27. Cabrera, A. Arzuaga, J. Mojena, M. 2007. Desbalance nutrimental del suelo y efecto sobre el rendimiento de tomate (*Lycopersicon solanum* L.) y pepino (*Cucumis sativus*

- L.) en condiciones de cultivos protegidos. *Revista cultivos tropicales*, vol 28, no. 3, p. 91-97.
28. Castillo, C.; Astroza, I.; Borie, F.; Rubio, R. 2008. Efecto de cultivos hospederos y no hospederos sobre propágulos micorrízicos arbusculares. *Revista Ciencias del Suelo y Nutrición Vegetal*, vol. 8, no. 1, p. 37-54.
29. Cuba. MINAGRI. Unidad de Pronóstico Económico. 1984. Metodología para la evaluación de la efectividad económica de los resultados de la investigación. Ciudad de La Habana: MINAGRI, 35 p.
30. Cuba MINAG. 1997. Listado Oficial de Precios de Acopio, La Habana.
31. Cuba MINAG. 1999. Listado Oficial de Precios de Servicios Agropecuarios. Resolución No. 244-99, La Habana.
32. Cuba MINAG. 2002. Listado Oficial de Precios de Semillas, La Habana.
33. Cuenca, G., De Andrade, Z., Lovera, M., Fajardo, L., Meneses, E., Márquez, M., Machuca, R. 2003. Pre-selección de plantas nativas y producción de inóculos de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) de relevancia en la rehabilitación de áreas degradadas de la gran sabana, estado de Bolívar, Venezuela. *ECOTROPICOS*. Vol. 16, no. 1, p. 27-40
34. Cuevas, F.; Medina, B.N.; Díaz, L.; Morejón, R. 2000. Efecto de la Biofertilización con hongos micorrizógenos (MA) en el cultivo del tomate. *CIGET, Pinar del Río*, Vol. 2, no.4, ISSN 1562-3297.
35. Cuartero, J. 2001. Tomate para consumo fresco. En: *La Horticultura Española*. Ed. De horticultura, J.L. Mundi-Prensa. Libros, S.A Sociedad Española de Ciencias Hortícolas, SECH. 491 p.
36. Darwin, S.C.; Knapp, S.; Peralta, I.E. 2003. Taxonomy of tomatoes in the Galápagos Islands: native and introduced species of *Solanum* section *Lycopersicon* (Solanaceae). *Systematics and Biodiversity*. 1: 29-5.
37. Díaz, F.; Garza, C.; Pecina, Q.; Montes, G. 2008. Respuesta del sorgo a micorriza arbuscular y *Azospirillum* en estrés hídrico. *Revista Fitotecnia Mexicana*, no. 31, p. 35-42
38. Díaz, J.C. 2007. Rendimiento de los lotes control – extensiones de los bioestimulantes FitoMas E, Enerplant y Vitazime en la zafra 2007. Informe interno. INICA, julio.
39. Díaz, María F. 2004. Efecto del Vitazyme y el FitoMas en el comportamiento productivo de *Vigna unguiculata*. ICA. 2004. Informe al proyecto del ICIDCA.
40. Dell' Amico, J.; Rodríguez, P.; Torrecillas, A.; Morte, A.; Sánchez-Blanco, M., 2002. Influencia de la micorrización en el crecimiento y las relaciones hídricas de plantas de tomate sometidas a un ciclo de sequía y recuperación. *Cultivos Tropicales*, 23 (1), p. 29-34.
41. Domínguez, V.A., 1982. Abonado de hortalizas aprovechado por sus frutos. Ministerio de la Agricultura, Pesca y Alimentación.

42. Dueñas, F.; Martínez, Y.; Moya, C.; Alvarez, M. 2006. Evaluación de genotipos de *Lycopersicum esculentum* Mill. Frente al virus del encrespamiento amarillo de la hoja de tomate (TYLCV). *Cultivos tropicales*, vol 27, no. 3, p. 335-343.
43. Encina, C. y, Y. Barceló, A. Micorriza. 2006. En línea. Disponible en: <http://www.Ciencias.uma.es/publicaciones/encuentros/ENCUENTROS55/micorriza.Html>. Consulta 2 de junio del 2006.
44. Echevarría, O; 2005. FitoMas E en Quimbombó. UBPC Miguel Saavedra. San Miguel del Padrón. Ciudad Habana. Informe al proyecto 271, ICIDCA.
45. FAO. 1980. Los fertilizantes y su empleo. Guía de bolsillo para extensionistas. Roma.
46. FAOSTAT, 2005. Producción mundial de Tomates. Disponible en <http://fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#anchor> Última actualización febrero 2005. Consultado 4/03/05 Disponible en: < <http://faostat/fao.org/faostat/notel/citacion.htm>.>
47. FAOSTAT.2007. Producción mundial de Tomates. Última actualización junio 2008. consultado 25 /10/ 2009. Disponible en < <http://fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#anchor>.
48. Faustino, E. 2006. Contribución del FitoMas E a la sostenibilidad de la finca Asunción de la CCS "Nelson Fernández". Tesis de Diploma en opción al título de Ing. Agrónomo. Universidad Agraria de La Habana. Julio
49. Fernandez, M.A. 2006. Micorriza una simbiosis vital en la naturaleza. *Revista medio ambiente y energía*. Colombia. 80 p.
50. Fernández, F.; Rodríguez, E.L.; Gómez, R. 1999. Caracterización de la efectividad de un nuevo inoculante micorrizógeno en Poaceas. *Cultivos Tropicales* 20 (2): 9-14.
51. Fernández, F.; Gómez; R. Vanegas, L.F.; Noval, B.M. de la; Martínez, M.A. 2000. Producto micorrizógeno. Oficina Nacional de Propiedad Industrial. Cuba, Patente No. 22641.
52. Fernández, F., Dell Amico, J. M., Rodríguez, P. 2006. Efectividad de algunos tipos de inoculantes micorrizicos a base de *Glomus hoyi* en el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill var. Amalia). *Cultivos tropicales*, vol. 27, no. 3, p. 25-30.
53. Ferrer, R. y Herrera, R. 1991. Breve reseña sobre los biofertilizantes. La Habana: IES-CITMA, 50 p.
54. Fundora, L. 2007. La biofertilización micorrizica: Una alternativa ecológica para cultivar tomate en condiciones de recursos hídricos limitados. . Tesis para optar por el grado de Maestro en Ciencias. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. La Habana.

55. Fundora, L. R., González, J., Ruiz L. A., Cabrera, J. A. 2009. Incrementos en los rendimientos del cultivo de boniato por la utilización combinada del fitoestimulante FitoMas® –E y el biofertilizante Ecomic® en condiciones de producción. *Cultivos Tropicales*, vol. 30, no. 3, p. 14-17.
56. Frank, A.B. 1885. Ueber die auf wurzelsymbiose beruhende Ernährung gewisser Baume durch unterirdische Pilze. *Berichte der Deutsch Botanische Gesellschaft*, vol.3, p.128-145.
57. Franzluebbers, A., Wright, S. and Stuedeman, J. 2006. Soil aggregation and glomalin under pastures in the Southern Piedmont USA. *Soil Sci. Soc. Am. J.* Disponible en <http://www.nps.usda.gov/publication/htm>. Rev: 12/7/06.
58. García, D. 2007. Evaluación del bioestimulante FitoMas E en el cultivo del maíz (*Zea mays* L.) var FR-28. Tesis en opción al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad agraria de La Habana. Julio.
59. Gerdemann, J.W. and Nicholson, T.H. 1963. Spore of mycorrhizae endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Trans. Br. Mycol. Soc.*, 46: 235-244.
60. Giaconi, M. V. y M. Escaff. 1993. Cultivo de Hortalizas. Santiago de Chile : Editorial Universitaria, p.328.
61. Giovannetti, M. y Mosse, B. 2000. An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytol.*, 84: 489-500.
62. Gómez, Olimpia; Casanova, A; Laterrot, H y Anais, G. 2000. Mejora Genética y Manejo del Cultivo del Tomate para la Producción en el Caribe. Instituto de Investigaciones Hortícolas "Liliana Dimitrova". La Habana. 152 p.
63. Gómez, O. y Rodríguez, G. 2004. Imparto del cultivar en los sistema protegido de tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill). Conferencia, La Habana, IIHLD.
64. Gonzáles, A.; Gores, A. 2003. Diferentes dosis de FITOMAS-E en el cultivo del tomate. Trabajo de diploma (en opción al título de ingeniero agrónomo) Centro Universitario Guantánamo, 54 p.
65. González, J. 2008. Efecto de los Hongos Micorrizogenos Arbusculares(HMA)y un Fitoestimulador sobre los cultivosde la Yuca (*Manihot esculenta* Crantz) y el Boniato (*Ipomea batata* Lam.) En suelo Ferráltico Rojo Lixiviado. Tesis para optar por el título académico de Maestro en Ciencias en Nutrición de las Plantas y Biofertilizantes. INCA. 64p.
66. González, P.J.; Arzola, J.; Morgan, O.; Rivera, R.; Plana, R.; Fernández, F. 2008. Manejo de las asociaciones micorrízicas en pastos del género *Brachiaria* cultivados en suelos Ferráltico Rojo y Pardo Mullido. En Congreso Científico del INCA (16:2008, nov 24 – 28, La Habana). Memorias. CD – ROM. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. ISBN 978-959-16-0953-3.

67. Guzmán, J. y col. 1979. Fertilización de las hortalizas. Informe final del tema 03-21. Inst. Inves. Suelos y Agroq. Cuba.
68. Hamdi, Y. 1985. La fijación del nitrógeno en la explotación de los suelos . Boletín de suelos de la FAO. No. 49. 188 p.
69. Hanson, P.; Chen, J.; Kuo, C.; Morris, R. and Opeña, R. 2001. Suggested Cultural Practices for Tomato. AVRDC Learning Center. [en línea] Disponible en: <http://www.avrdc.org/LC/tomato/practices.html>. [Consulta: Julio 16, 2007].
70. Hernández, A. y col. 1999. Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba: Ministerio de la Agricultura. La Habana, 23 p
71. Hernández, M; Chailloux, M. 2004. Las micorrizas Arbusculares y las bacterias rizosféricas como alternativa a la nutrición mineral del tomate. Cultivos Tropicales 25(2)5-11.
72. Hernández, J. 2007. Aspectos cualitativos evaluados por productores en la empresa de cultivos varios de Batabanó en algunos cultivos donde se aplicó FitoMas E. Informe al proyecto ramal del MINAZ 271. Julio.
73. Hernández, G., Cuenca, G. y García, A. 2002. Influencia de micorrizas arbusculares sobre el crecimiento y la utilización de nutrientes en *Vigna luteola*. Prog. Res. XIII Cong. Científ. INCA., p. 67, La Habana.
74. Hernández, J. 2007. Aspectos cualitativos evaluados por productores en la empresa de cultivos varios de Batabanó en algunos cultivos donde se aplicó FitoMas E. Informe al proyecto ramal del MINAZ 271. Julio.
75. Hernández, L; Domínguez, M. 2005. Resultados preliminares de la utilización del FITOMAS E en el cultivo de las Rosas. XVI Fórum de Ciencia y Técnica. CCS (F) Israel Reyes Zayas. Municipio Cotorro, Ciudad de La Habana.
76. Heredia, C. 2006. Fertilizantes y Fertilización Sustentable, en: Disciplina Ciencia del Suelo, Tomo 2, Fertilidad del suelo, universidad Agraria Habana, Facultad agronomía, , p. 161-210.
77. Herrera, R. y col. 1995. Estrategia de funcionamiento de las micorrizas (VA) en un bosque tropical. Biodiversidad en Iberoamérica: Ecosistemas, Evaluación de Procesos sociales. (Eds. Maxima Monasterio). Programa Iberoamericano de Ciencia y tecnología para el desarrollo . Su programa XII Dive.
78. Ho, L. 1996. Tomato photo assimilate distribution in plants and crops . Source-sink relationship . Marcel Dekker, Inc.
79. Huerres, C; Caraballo, N. Hortalizas. Dpto. Ediciones ISCAH. 1991. 165 p.
80. ICIDCA. 2004. FitoMas. (Producto experimental, nombre provisional). Plegable. Instituto Cubano de Investigaciones de Derivados de la Caña de Azúcar. pp. 1-5.

81. IFA 1999. (International Fertilizer Industry Association). World Fertilizer Use Manual, 600 p.
82. INCA, 1999. Manual de técnicas analíticas para análisis de suelo, foliar, abonos orgánicos y fertilizantes químicos: La Habana.
83. INCA. 2004. "AMALIA": variedades cubanas de tomate y su generalización en Cuba. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). Premio MINAGRI, 2004..
84. INCA . 2005. Ficha de costo Ecomix. Departamento de Economía. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas.
85. ICIDCA, 2008. Ficha de costo de Fitomas E. Dirección de Economía. Instituto Cubano de investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar.
86. Infoagro, 2004. El cultivo del tomate. [en línea] Disponible en: <http://www.infoagro.com/hortalizas/tomate.htm>. [Consulta: diciembre 27, 2005].
87. INSMET. 2008. Hojas de asentamiento de las variables meteorológicas diarias. Estación meteorológicas de Tapaste. Instituto de Meteorología. CITMA. Cuba.
88. Instructivo técnico del cultivo de tomate. 1983.
89. Irizar, G.; Vargas, P.; Garza, D.; Tut, C.; Rojas, M.; Trujillo, A.; García, R.; Aguirre, D.; Martínez, J.; Alvarado, S.; Grageda, O.; Valero, J. 2003. Respuesta de cultivos agrícolas a los biofertilizantes en la región central de Mexico. Agricultura Técnica Mexicana, vol. 29, p. 213-225.
90. Izquierdo, I. y col., 1994. Efecto de la aplicación de nueve cepas de hongos MVA sobre la nutrición de plantas de cítricos en viveros. XVII Reun. Latinoam. de Rhizobiología. Prog. y Res. La Habana. Cuba.
91. Kader, A.A., L.L. Morris, M.A. Stevens, y M. Albright-Holton.. 1978. Composition and flavor quality of fresh market tomatoes as influenced by some postharvest handling procedures. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 103(1):6-11.
92. Koide, R.T. 2000. Mycorrhizal symbiosis and plant reproduction. En: Kapulnick, Y. and Douds, D.D. (eds.). Arbuscular mycorrhizas: physiology and function. Kluwer Academic Press, Dordrecht.
93. Koide, T. R. y Mosse, B. 2004. A history of research on arbuscular mycorrhiza. Mycorrhiza, no. 14, p. 145-163.
94. López, R; Montano, R; Caminero, R; 2003. Aplicación de diferentes dosis de FitoMas E en el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum*) variedad aro 8484 en condiciones de organopónico en la provincia de Santiago de Cuba. Informe interno, Universidad de Guantánamo
95. López, R; Montano, R; Bombalé, A. 2004. Determinación de la dosis más efectiva de FitoMas en el cultivo de habichuela (*Vigna unguiculata* L. Walp. Sub- sp sesquipedalis) var. Lina asociado con rabanito (*Raparus sativus*). Informe interno, Universidad de Guantánamo.

96. López, R; Montano, R; Lobaina, J; Montoya, A; Coll, O. 2007. Comportamiento de plantas hortícolas con diferentes dosis de FitoMas E en condiciones edafoclimáticas de Guantánamo. XV Congreso Científico INCA. 7-10 de noviembre.
97. Lovelock, C., Wright, S.F., Clark, D.A., Ruess, R.W. 2004. Soil stocks of glomalin produced by arbuscular mycorrhizal fungi across a tropical rain forest landscape. *J. Ecol.* 92: 278-287.
98. Llonín, D.; Medina, N. 2002. Nutrición mineral con N, P y K en la simbiosis hongos micorrizógenos-tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en Ferralsol. *Cultivos Tropicales* 23 (4): 83-88.
99. Maestrey, Albina. 1986. Fertilización del tomate cultivado en primavera / Albina Maestrey Boza. Tesis de Grado Científico. La Habana.
100. Maestrey, Albina, H. Cardoza, Maritza Chailloux y W. Alarcón. 1987. Extracción de nutrientes por el cultivo del tomate cultivado en primavera. II. Consumo de Nitrógeno, Fósforo y Potasio durante el ciclo del cultivo. *Ciencia y Técnica de la Agricultura.* 10 (2): 17-22.
101. Martí, A. y A. Lewis. 1979. Estudio de diferentes niveles de nitrógeno sobre la productividad y la calidad del tomate Campbell 28. IV Forum Nac. De Estud. Univ. en Cienc. Agrop. ISCAH.
102. Martínez, R. V. 1994. El uso de los biofertilizantes. Curso de Agricultura Orgánica. ICA. La Habana.
103. Mayea, S. 1995. Los biofertilizantes y su acción fitopatogena. Mem. III Enc. Nac. Bioplaguicidas y EXPOCREE, p. 41. INISAV, La Habana.
104. MINAGRI, 1994. Carta Tecnológica del Cultivo del Tomate.
105. MINAGRI, 2007. Lista de precios de los fertilizantes.-- Ciudad de la Habana: Empresa de Suministro Agropecuarios,--10 p.
106. Montano, R. 2000. Tesis en opción por el título Académico de Master en "Agroecología y Agricultura Sostenible". Universidad Agraria de La Habana Fructuoso Rodríguez,
107. Montano, R., López, R., Zuaznabar, R. 2004. Bionutriente FitoMas en el Rescate de la "Rusticidad". Un Nuevo Concepto en la Agricultura Sostenible, VII Encuentro de Agricultura Orgánica; Ciudad de La Habana 30/06/2004.
108. Montano, R., Zuaznabar, R., García, A., Viñals, M., Villar, J. 2006. FitoMas E. Bionutriente Derivado de la Industria Azucarera. *Revista ICIDCA*, No. 3, 4p.
109. Montano, R., Zuaznabar, R., García, A., Viñals, M., Villar, J. 2007. FitoMas E. Bionutriente derivado de la Industria Azucarera.--Ciudad de la Habana: ICIDCA, -- 10p.
110. Montano, R., Villar, J., Yumar, J., Zuaznabar, R., García, D. 2008. FitoMas E, ¿con o sin? fertilización convencional,. *Revista ATAC.*

111. Morales L, Alfredo, Castillo R, Claudia, Rubio H, Rosa y col. 2005. Niveles de Glomalina en suelos de dos ecosistemas en el sur de Chile. *R.C. Suelo Nutr. Veg.* [online]. jul., vol.5, no.1 [citado 12 Febrero 2009], p.37-45. Disponible en la World Wide Web <http://mingaonline.uach.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-27912005000100006&lng=es&nrm=iso>. ISSN 0718-2791.
112. Morejón, E. 2006. Efecto de FitoMas E en acelga bajo condiciones de bajos insumos. La Habana. Informe al proyecto 271 del ICIDCA.
113. Moya, L.C.; Domini, C. M.E.; Gómez, C.O.; Terry, E. y Plana, R. 2007. El Tomate *Solanum lycopersicum*: tecnologías para la producción de tomate. Ediciones INCA, La Habana Cuba, 34p.
114. Moya, L.C; Álvarez; M. Arzuaga, J.; Ponce, M.; Plana, D., Dueñas, F.; Rodríguez, J.; Hernández, J. 2006. Evaluación y selección participativa de nuevas líneas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en la provincia de La Habana. *Revista Cultivos Tropicales*, vol.27, no.2, p. 81-85.
115. Mujica, Yonaisy. 2009. Efectividad de la inoculación líquida con HMA en la nutrición del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en suelo Ferralítico Rojo Lixiviado. Tesis para optar por el grado de Maestro en Ciencias. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. La Habana.
116. Nichols, K. A.; Wright, S. E.; Liebig, M. A.; Pikul Jr, J. L. 2004. Functional significance of glomalin to soil fertility. p. 219-224. En: *Great Plains Soil Fertility Conf. Proc.* Vol.10 Denver, CO. 2-3 March. Kansas State Univ. Meeting Proceedings.
117. Novo, R. 2002. Los biofertilizantes y la biofertilización. Conferencias Curso Internacional de Microbiología del Suelo, Quito. Participación de las micorrizas arbusculares y la fertilización nitrogenada en el crecimiento y la nutrición del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en un suelo Ferralsol desaturado.
118. Novella, R. 2001. Participación de las micorrizas arbusculares y la fertilización nitrogenada en el crecimiento y la nutrición del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en un suelo Ferralsol desaturado.. Tesis presentada en opción al título académico de Maestro en ciencias en Nutrición de las plantas y Biofertilizantes, La Habana.
119. Nuez, F. 1995. El cultivo del tomate-Bilbao. Madrid : Ediciones Mundi Prensa, 793 p.
120. Peña, S.E de la. y Torres, E. 1992. La biofertilización: Alternativas para el desarrollo rural. En: *Red de Acción en Alternativas al uso de Agroquímicos.* Lima, p.180.
121. Pérez, I; Dell'Amico J. M; Reynaldo I. 1999. Comportamiento de variedades de plántulas de tomate en condiciones de inundación del suelo. *Cultivos Tropicales*, vol 20, no 2, p. 41-44.
122. Peterson, R. L y M. L. Farquhar. 1994. Mycorrhizas. Integrated

- development between roots and fungi. *Mycologia*. 86: 311-326.
123. Peralta, I.E.; Spooner, D.M. 2005.. Morphological characterization and relationships of wild tomatoes (*Solanum* L. Section *Lycopersicon*) Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot Gard. 104:227-257.
124. Piñón, M. y Gómez, Olimpia. 2003. Nuevos híbridos de tomate, tolerantes al TYLCV. Instituto de Investigaciones Hortícolas "Liliana Dimitrova" (IIHLD). La Habana, Cuba. En. Revista Manejo Integrado de Plagas y Agroecología. CATIE. Costa Rica. 68 (2): 85.
125. Posada, R.; Franco, C.; Cuellar, C.; Sánchez, C.; Sánchez, F. 2007. Inóculo de hongos de micorriza arbuscular en posturas de *Brachiaria decumbens* (Poaceae) en zonas de loma de vega. *Acta Biol. Colomb.*, vol. 12, no. 1, p. 113-120.
126. Pulido, L. 2002. Hongos Micorrízicos Arbusculares y Rizobacterias Promotoras del Crecimiento vegetal: Alternativas para la producción de posturas de Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) y Cebolla (*Allium cepa* L.). Tesis en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. INCA. 148p.
127. Pulido, L. E., Cabrera, A y Medina, N. 2003. La biofertilización con Rizobacterias y hongos micorrízicos arbusculares en la producción de posturas de tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill) y cebolla (*Allium cepa*). II colonización radical y estado nutricional. *Cultivos Tropicales*, vol. 24 (2), p. 5-13.
128. Plana, R.; González, P.; Dell'Amico, J.; Fernández, F.; Calderón, A.; Marrero, Y. 2008. Efecto de dos inoculantes micorrízicos arbusculares (Base Líquida Sólida) en el cultivo del trigo Duro (*Triticum durum*). *Cultivos Tropicales*, vol. 29, no. 4, p. 35-40
129. Phillips, D.M y Hayman, D.S. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Trans. Br. Mycol. Soc.*, 55: 158-161.
130. Rai, M. K. 2001. Current advances in mycorrhization in micropropagation. *In vitro Cell. Dev. Biol.-Plant* 37: 158 - 167.
131. Read, D.J. 1999. Mycorrhiza-the state of the art. n: Mycorrhiza 2nd (a. varma y B.Hock, eds) Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, p.3-34.
132. Rillig, M. and Wright, S. 2000. The role of arbuscular mycorrhizal fungi and glomalin in aggregation. Comparing effects of five plant species. *Plant Soil J.* Disponible en <http://www.nps.usda.gov/publication/publication/htm>. Rev: 10/04/08.
133. Rillig, M.C., Wright, S.F., Nichols, K.A., Schmidt, W.F. and Torn, M.S. 2001. Large contribution of arbuscular mycorrhizal fungi to soil carbon pools in tropical forest soils. *Plant and Soil*, 233: 167-177.
134. Rillig, M., Ramsey, P.W., Morris, S., Paul, E.A. 2003. Glomalin, an

- arbuscularmycorrhizal fungal soil protein, responds to soil-use change. *Plant Soil* 253: 293-299.
135. Rivera, R.; Fernández, K. 2003. Bases científico – técnicas para el manejo de los sistemas agrícolas micorrizados eficientemente. En: Rivera, R. y Fernández, K. Eds. Manejo efectivo de la simbiosis micorrízica, una vía hacia la agricultura sostenible. Estudio de caso: el Caribe. INCA. La Habana., 166p.
136. Romero-Lima, M. y col., 2000. Producción de papa y biomasa microbiana en suelo con abonos orgánicos y minerales. *Agrociencia*,34(3):261-269.
137. Ruiz, L. 2001. Efectividad de las asociaciones micorrízicas en especies vegetales de raíces y tubérculos en suelos Pardos con carbonatos y Ferralíticos Rojos de la región central de Cuba. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas.-- La Habana: INCA.-- 100p.
138. Terry, E.; Núñez, M.; Pino, M.A. 2001. Efectividad de la combinación biofertilizantes análogos de brasinoesteroides en la nutrición del tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill). *Cultivos tropicales*, vol. 22, no. 2, p.56-59.
139. Terry, E. 2004. Microorganismos benéficos y productos bioactivos como alternativas para la producción ecológica de tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill. Var. "Amalia"). Tesis presentada en opción la grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas La Habana.
140. Terry, E. Ruiz, J. 2008. Evaluación de Bioproductos para la producción de tomate (*solanum lycopersicum*, Mill) bajo sistema de cultivo protegido. *Revista Cultivos Tropicales*, No. 29 no.3, p 11-15.
141. Salunkhe, D.K., S.J. Jadhav y M.H. YU. 1974. Quality and nutritional composition of tomato fruits as influenced by certain biochemical and physiological changes. *Qual. Plant. Food Hum. Nut.* 24:85-113.
142. Shagarodsky, T; Alfonso, J.C; Rodríguez, C; Ortega, M; Dibut, B. 2006. Evaluación del producto FitoMas E en el cultivo del garbanzo durante la campaña 2005-2006. INIFAT, Informe interno.
143. 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 no.3, p. 5-13.
144. Sánchez, C. M. 2002. Experiencias en la investigación con los hongos micorrízicos arbusculares en los suelos de Ando. Comité Mexicano de Inoculantes Agrícolas y Forestales. *Texcoco*, Mexico, p. 15-25
145. Sánchez-Blanco, M. J; P. Rodríguez; M. A. Morales; M. F. Ortuño y A. Torrecillas. 2002. Comparative growth and water relation of *Cistus albidus* an *Cistus monspeliensis* plants during water deficit condition and recovery. *Plant Science*. 162:107-113

146. Sempere, F. y P. Santamaría. 2001. La aplicación de las micorrizas. Revista "Agrícola Vergel"; 232:198-201.
147. Schübler. 2009. Clasificación actual de los HMA. <http://www.lrz-muenchen.de/~schuessler/amphylo/>. Rev. 28/10/09.
148. Smith, S.E. and Read, D.J. (eds.). 1997. Mycorrhizal symbiosis. Academic Press, New York.
149. Smith, F. A. y S. E. Smith. 1996. Mutualism and parasitism: diversity in function and structure in the arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Advances in Botanical Research*. 22: 1-43.
150. Varma, A. The beneficial effect of mycorrhizae on N utilization by the host-plant: Myth or reality. In: mycorrhiza. Editor, Varma, p. 209-240.
151. Viñals, M. y J. Villar. 1999. Avances en la formulación y aplicación de inoculantes bacterianos de uso agrícola. *Cultivos Tropicales*, , 20 (4), p- 9-17.
152. Villaseñor, L.; O. Rodríguez y A. Arias. 1998. Las micorrizas: Hongos amigos de los bosques. Centro universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad de Guadalajara. Mexico. 253 p.
153. Vosatka, M.; Jansa, J.; Regver, M; Sramek, F y R. Malcova. 1999. Inoculation of mycorrhizal fungi - a feasible biotechnology for horticulture. *Plant. Annu. Rev. Bot.* 39: 219 - 224.
154. Walker, T.L., Safir, G.R. and Stephenson, S. 1990. Evidence for succession of mycorrhizal fungi in Michigan asparagus fields. *Act. Hort.*, 271: 273-279.
155. Wright, S. 2000. A pressure cooker method to extract glomalin from soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* Disponible en <http://www.nps.usda.gov/publication/htm>. Rev: 12/4/08.
156. Wright, S.F., Upadhyaya, A., 1996. Extraction of an abundant and unusual protein from soil and comparison with hyphal protein of arbuscular mycorrhizal fungi. *Soil Science* 161, 575–586.
157. Yumar, J. 2007. Efecto de 3 dosis de FitoMas E en el cultivo de pimiento y Maíz. Informe al proyecto ICIDCA.
158. Zuaznábar, R; Montano, R; Y Rodríguez, H. 2003. BIOMASS de 20 L del ICIDCA como potenciado herbicida de glifosato. Congreso de Malezología, La Habana, p.12-18 ,
159. Zuaznábar, R; Díaz, J.C; Montano, R; Córdoba, R; Hernández, F; Jiménez, F; García, E; Angarica, E; Hernández, I; Morales, M. 2005. Resultado de la Evaluación Experimental y de Extensión del Bioestimulante FitoMas-E® en Caña de azúcar. Zafra 2003-2004. Informe interno. INICA