

INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIAS AGRÍCOLAS
DEPARTAMENTO DE BIOFERTILIZANTES
Y NUTRICIÓN DE LAS PLANTAS

***Evaluación de sustratos y biofertilizantes
para el cultivo del tomate (*Lycopersicon
esculentum* Mill.) utilizando la tecnología
de cepellones.***

Tesis presentada en opción al título académico de Maestro en Ciencias en
Nutrición de las plantas y Biofertilizantes.

Autor: Ing. David Osvaldo Lara Franquiz.

Tutor: Dr. C. Nicolas L. Medina Basso.

Cotutor: Dr. C. Victor M. Paneque Pérez.

La Habana, 1999.

RESUMEN.....	4
1. INTRODUCCIÓN	4
2- REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	8
2.1 - El cultivo del tomate. Generalidades.....	8
2.1.1 - Origen y distribución.....	8
2.1.2- Taxonomía y morfología.....	8
2.1.3- Requerimientos edafoclimáticos.....	9
2.1.4- Manejo agrotécnico . Nutrición y fertilización.....	10
2.1.5- Producción e importancia.....	10
2.2 - La producción de plántulas de tomate.....	11
2.2.1- Tecnología de cepellones.....	12
2.2.2 - Los sustratos.....	12
2.2.3- Características y propiedades de los sustratos.....	13
2.2.4- Materiales utilizados como sustratos.....	18
2.3 - La biofertilización y su empleo en el cultivo del tomate.....	22
2.3.1 - Los hongos micorrizógenos arbusculares (H.M.A.). Efectos y utilización.....	23
2.3.2 -Las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (R.P.C.V.). Efectos y utilización.....	26
2.3.3 -Interacción hongos micorrizógenos arbusculares - rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal.....	29
3- MATERIALES Y MÉTODOS.....	32
3.1- Condiciones experimentales generales.....	32
3.2- Metodología de trabajo.....	32
3.3- Evaluaciones y análisis realizados.....	37
3.4- Valoración económica.....	38
4- RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	40
4.1- Experimento 1: Evaluación de la composición de los sustratos para el cultivo del tomate en cepellones.....	40
4.1.1- Efectos de los tratamientos sobre el crecimiento de las plántulas.....	40
4.2- Experimento 2: Evaluación de la biofertilización en la fase de plántulas.....	44
4.2.1- Evaluación de la colonización radical por algunos microorganismos rizosféricos.....	44
4.2.2. Efectos de los tratamientos sobre el crecimiento de las plántulas.....	46

4.3- Experimento 3: Evaluación agronómica de las plántulas de tomate obtenidas por tecnología de cepellones.....	50
4.3.1 <i>Efecto de los tratamientos sobre el crecimiento de las plántulas.</i>	50
4.3.2. <i>Efecto de los tratamientos en el rendimiento agrícola.</i>	54
4.4- VALORACION ECONOMICA	56
5 -CONCLUSIONES	58
6 - RECOMENDACIONES.....	59
7 – REFERENCIAS	60

RESUMEN

La preparación y ejecución de semilleros en el cultivo del tomate, tiene gran importancia en el posterior desarrollo del cultivo. Actualmente el uso de la tecnología de cepellones se ha extendido en muchos países y en el nuestro existe un gran interés por su implantación, motivado por las múltiples ventajas que este tiene sobre el sistema tradicional de producción de plántulas. Los objetivos de este trabajo fueron: evaluar diferentes combinaciones de litonita y cachaza como sustratos que permitan obtener plántulas de tomate de alta calidad mediante la tecnología de cepellones, determinar los efectos de la biofertilización con diferentes microorganismos rizosféricos sobre el crecimiento de plántulas de tomate en cepellones y evaluar agrónomicamente la producción de tomate a partir de plántulas obtenidas por tecnología de cepellones con el empleo del sustrato y el esquema de biofertilización más adecuados. Para esto en el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, ubicado en la provincia La Habana, se desarrollaron 3 experimentos en época tardía de siembra en los cuales se empleó la variedad de tomate INCA 9-1; la litonita y la cachaza se utilizaron como componentes de los sustratos evaluados, y para la evaluación de los biofertilizantes, se utilizaron cepas de hongos *MA*, (*Glomus manihotis* y *Glomus fasciculatum*) y de rizobacterias (*Azospirillum brasilense* Sp 7 y la *Pseudomonas cepacia*). La fase de campo se desarrolló en un suelo Ferralítico Rojo compactado. Los resultados mostraron que el sustrato con relación porcentual 50 - 50 de litonita y cachaza fue aquel donde las plantas mostraron un mejor comportamiento, así como que las cepas *Glomus manihotis* y *Azospirillum brasilense* Sp 7 fueron las más promisorias en la fase de obtención de plántulas, logrando finalmente rendimientos superiores al testigo de producción, destacándose el efecto de la coinoculación de ambos microorganismos. Todo lo anterior permitió un importante ahorro de fertilizantes químicos con la correspondiente disminución de los costos por dicho concepto, obteniendo un mayor beneficio neto y una relación valor / costo más favorable.

1. INTRODUCCIÓN

El cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) es el más importante en la producción hortícola de Cuba, al ser considerada la hortaliza más codiciada por su gran demanda para el consumo fresco y como producto industrial, convirtiéndose en una de las fuentes principales de vitaminas y minerales para la población (Casanova, Olimpia Gómez y Depestre, 1991; Nuez, 1995 ; Marta Alvarez, Georgina de Armas y Martínez, 1997).

Por estos motivos, la agricultura cubana destina anualmente más del 50 % del área cultivable hortícola a la siembra de este cultivo, lo que representa más de 20 000 hectáreas (MINAGRI, 1996). Sin embargo, los rendimientos que se obtienen por área son tan bajos que no logran satisfacer las demandas crecientes de tan preciada hortaliza (María C. González, 1997; Cuevas, 1998), debiéndose fundamentalmente estos bajos rendimientos a las tecnologías rudimentarias que se utilizan en los países subdesarrollados, según Villareal (1978).

La preparación y ejecución de los semilleros en la agricultura tiene una gran importancia en el posterior desarrollo del cultivo; tradicionalmente, cada agricultor prepara su semillero donde obtiene las plántulas para ser trasplantadas a raíz desnuda. Este sistema presenta grandes inconvenientes como son: el alto consumo de semillas, la poca uniformidad en el desarrollo de las plántulas y el alto porcentaje de raíces que pierden las plantas al ser extraídas, lo que dificulta su adaptación a las condiciones de campo y trae consigo una alta mortalidad en la fase posterior al trasplante. Esta situación motivó a investigadores como Bowen y Kratky (1981), Normann (1993) y Rodríguez (1995) a estudiar el establecimiento de una nueva metodología que diera solución a estas dificultades, surgiendo así la tecnología de mota prensada o cepellón.

La producción de plántulas utilizando la tecnología de cepellones se ha extendido y establecido en muchos países y en el nuestro existe un gran interés por su implantación, la cual ha comenzado a generalizarse paulatinamente, todo ello motivado por las múltiples ventajas que esta tiene en cuanto a: disminución en el consumo de semillas y obtención de mayor número de plantas por unidad de área, mayor homogeneidad y calidad de las plantas y se logra realizar el trasplante con el 100 % de

las raíces en la mota de sustrato, no se produce parada vegetativa y disminuye la mortalidad en el campo. Para ello, es muy importante que el sustrato utilizado sea el que exige el cultivo, por lo que algunos investigadores como Serrano (1990), Ballester - Olmos (1992) y Abad (1995) se han dedicado a estudiar la obtención de sustratos que permitan a las plantas un desarrollo óptimo en esta fase.

En Cuba existen diversidad de materiales de origen mineral y orgánico que, dadas sus características químicas y físicas, pueden permitir preparar sustratos de alta calidad; al respecto, Casanova *et al.* (1997) señalaron la conveniencia de incorporar dosis de zeolita a los materiales orgánicos en la preparación de sustratos para el cultivo de hortalizas en cepellones. Entre los materiales orgánicos disponibles en el país se encuentra la cachaza, que es un residuo de la industria azucarera. Ortiz, de la Fe y Lara. (1998 a), al mezclar la cachaza con zeolita, obtuvieron un sustrato eficiente para la adaptación de vitroplantas de caña de azúcar. No obstante, esta problemática aún no ha sido resuelta totalmente debido a que se han realizado pocos estudios de dichos productos para lograr tal objetivo.

Sin embargo, además de la calidad de los sustratos donde se desarrollan las plantas, existen otros aspectos que influyen en la obtención de una buena plántula, como son: la fertilización mineral, la utilización de sustancias estimuladoras del crecimiento y, en las últimas décadas, la incorporación de microorganismos del suelo como biofertilizantes, ya que estos no sólo son capaces de fijar nitrógeno atmosférico y aumentar la capacidad extractiva de los nutrientes por las raíces, sino que, además, producen sustancias promotoras del crecimiento vegetal y brindan cierta protección al sistema radical contra patógenos. (Bashan, Gina Holguín y Ferrera - Cerrato, 1996).

En la actualidad existe información sobre el uso de biofertilizantes en el cultivo del tomate a partir de los trabajos realizados por Martínez (1990), Alarcón *et al.* (1998), Elein Terry (1998) y Cuevas (1998) quienes, al estudiar la efectividad agronómica de hongos micorrizógenos y bacterias rizosféricas, obtuvieron una mayor calidad de las plántulas en el momento del trasplante, así como una disminución en el uso de fertilizantes minerales y aumentos de los rendimientos agrícolas. Estos resultados permiten considerar a los biofertilizantes como una importante alternativa nutricional para el tomate dado los altos niveles de suministro de nutrientes que requiere este

cultivo. Es de destacar que todos estos trabajos se realizaron en sistemas tradicionales de producción de plántulas, existiendo muy poca información de estudios realizados donde se hayan utilizados sustratos artificiales con alto contenido de materia orgánica.

Tomando en consideración la necesidad que existe de estudiar y caracterizar los diferentes materiales locales disponibles que pueden formar parte de sustratos para el cultivo del tomate con tecnología de cepellón, así como la efectividad de la inoculación con los microorganismos del suelo en estas condiciones, los objetivos de este trabajo fueron:

- Evaluar diferentes combinaciones de litonita y cachaza como componentes de un sustrato que permita obtener plántulas de tomate de alta calidad, mediante la tecnología de cepellones.
- Determinar los efectos de la biofertilización con diferentes microorganismos rizosféricos sobre el crecimiento de plántulas de tomate en cepellones.
- Evaluar agrónomicamente la producción de tomate a partir de plántulas obtenidas por tecnología de cepellones con el empleo del sustrato y el esquema de biofertilización más adecuados.

2- REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 - El cultivo del tomate. Generalidades

2.1.1 - Origen y distribución.

El género *Lycopersicon* tiene su origen en la región andina que hoy comparten Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia y Chile, teniendo sus diferentes especies un crecimiento espontáneo en esta área. (Esquina - Alcazar y Nuéz, 1995).

El cultivo del tomate, según Villareal (1982) citado por María E. Domini (1996), fue llevado a Europa en el siglo XVI y diseminado por todo el mundo y, gracias a su capacidad de adaptación, se cultiva hoy en las más variadas condiciones. Todas las variedades de Europa y Asia descienden de semillas llevadas de América Latina por los españoles y portugueses.

2.1.2- Taxonomía y morfología.

El tomate pertenece a la clase *Dicotiledóneas*, orden *Solanales*, familia *Solanaceae*, género *Lycopersicon* y especie *esculentum* (Nuez, 1995).

La planta es perenne, de porte arbustivo; en condiciones favorables puede vivir y fructificar varios años, pero su cultivo en las condiciones ambientales y su importancia práctica es anual (MINAGRI, 1991). Puede desarrollarse de forma rastrera, semierecta o erecta y su crecimiento es limitado en variedades determinadas e ilimitado en variedades indeterminadas (Chamorro, 1995).

El tallo es anguloso, recubierto en toda su longitud de pelos perfectamente visibles, muchos de los cuales, al ser de naturaleza glandular, le confieren a la planta un olor característico; su desarrollo es variable en función del hábito de crecimiento .

Las hojas se disponen sobre el tallo alternadamente, son compuestas e imparipinnadas, constituidas por folíolos lobulados. Al igual que el tallo, las hojas están recubiertas de pelos glandulares.

El sistema radical está constituido por la raíz principal, las raíces secundarias y las raíces adventicias, y puede extenderse superficialmente sobre un diámetro de 1,5 m y

alcanzar más de 0,5 m de profundidad, aunque generalmente el 70 % se localiza en los primeros 20 cm de profundidad.

La floración se produce en forma de racimos simples o compuestos; en las variedades de crecimiento determinado el primer racimo aparece normalmente después de la quinta hoja y, a partir de ahí, cada una o dos hojas, mientras que en variedades indeterminadas suele aparecer el primer racimo después de la séptima hoja y los siguientes cada tres hojas.

El fruto de tomate es una baya plurilocular. Estos frutos pueden presentar diferentes formas y tamaños en dependencia de la variedad; los de uso industrial alcanzan una masa entre 50 y 120 g y los de consumo fresco alcanzan masas superiores a 120 g y, en algunas variedades, de 500 g o más (Maroto, 1989).

2.1.3- Requerimientos edafoclimáticos.

Las condiciones climáticas del trópico se encuentran cerca del límite biológico de tolerancia para esta especie (Olimpia Gómez y Depestre, 1992) por lo que pequeñas diferencias en el clima pueden tener una gran influencia en el comportamiento de las plantas, dado que las especies hortícolas seleccionadas y cultivadas en climas templados perdieron su adaptación de origen a los climas tropical y subtropical y por ello la productividad de estos cultivos en la zona es baja. Nisen *et al.* (1990) y Castilla y Fereres (1990) señalaron que el crecimiento de esta planta puede limitarse o interrumpirse por diferentes factores (estrés hídrico, bajas temperaturas, días cortos, etc.), pero si las condiciones son idóneas, el crecimiento es lineal en el tiempo en cultivares indeterminados.

Un aspecto a considerar, según Rodríguez (1995), es su adaptabilidad a diferentes tipos de suelo, desde aquellos ácidos, de textura arenosa, hasta los pesados con reacción

ligeramente alcalina. Desde el punto de vista físico conviene evitar los suelos con altos contenidos de partículas muy finas que tienen tendencia a compactarse durante el cultivo, dificultando la penetración del agua de riego y provocando asfixia radical.

2.1.4- Manejo agrotécnico . Nutrición y fertilización.

Las labores de preparación del terreno deben facilitar una buena infiltración del agua y una buena aireación que permitan un desarrollo radical adecuado en extensión y profundidad. La densidad de plantación dependerá del desarrollo vegetativo, el cual estará influenciado, principalmente, por el cultivar elegido y su hábito de crecimiento (determinado o indeterminado), tipo y fertilidad del suelo, el riego, así como la climatología.

En los países tropicales, dadas las desfavorables condiciones edafoclimáticas para el cultivo, se han introducido nuevas tecnologías que combinan las características de adaptación de los genotipos con la mejora de las condiciones de interacción de estos con el medio. Ejemplo de ello ha sido la introducción en Cuba de las tecnologías de cultivos hidropónicos, organopónicos, etc, que junto a las de manejo (tapado, riego, nutrición) permiten incrementar los rendimientos (Bulassi, 1994).

El tomate está considerado como un cultivo con alta demanda de nutrientes minerales debido, principalmente, al gran volumen de frutos producidos por unidad de superficie. La cantidad de nutrientes encontrados en los frutos cosechados es relativamente superior en comparación con otras hortalizas, especialmente de potasio (Menezes Dos Santos, 1992). En Cuba, Albina Maestrey (1986) reportó que, de acuerdo a los tipos de suelos, la demanda de fertilización mineral se encontraba en el orden de 120-200 kg de N, 140- 160 kg de P_2O_5 y de 100 - 225 kg de K_2O por hectárea.

Según lo establecido en el Instructivo Técnico (MINAGRI, 1984) para los suelos Ferralíticos Rojos se recomienda la dosis de fertilizante siguiente: N-150 kg, P_2O_5 -75 kg y de K_2O 100 kg por hectárea. Se establece aplicar todo el fósforo y potasio con 1/3 del nitrógeno en el trasplante y los 2/3 restantes del nitrógeno 25 ó 30 días después.

2.1.5- Producción e importancia.

La producción cubana de esta hortaliza es de, aproximadamente, 371 miles de toneladas con un rendimiento promedio de 10,02 toneladas por hectárea. Estas cifras ubican a Cuba en el lugar 25 en cuanto a superficie cosechada, en el 33 en cuanto a producción total y en el 94 en cuanto a rendimiento por unidad de superficie a nivel mundial, de acuerdo con datos de la FAO (1993).

Estos rendimientos tan bajos, en comparación con los obtenidos en los países desarrollados, se deben a varios factores entre los que se destacan el uso de tecnologías rudimentarias de producción (Villareal, 1978) como son la obtención de plántulas con sistemas tradicionales, el trasplante a raíz desnuda y los sistemas de fertilización mineral y de riego.

Teniendo en cuenta la importancia que tiene el tomate en la producción hortícola cubana y la necesidad que existe de lograr satisfacer las necesidades crecientes de tan preciada hortaliza, numerosas instituciones de investigación en el país estudian otros sistemas y tecnologías de producción que permitan incrementar los rendimientos de dicho cultivo.

2.2 - La producción de plántulas de tomate.

En Cuba, el sistema tradicional de producción de plántulas es el de almácigos en el campo, en canteros de 1 m de ancho elevados 20 ó 25 cm del suelo, recomendándose depositar las semillas en surcos de 1 cm de profundidad, espaciados 10 ó 15 cm entre hileras. Cada metro cuadrado de cantero produce cerca de 300 plantas las cuales se trasplantan a raíz desnuda (MINAGRI, 1983).

Cuando se emplea el trasplante a raíz desnuda la planta sufre un estrés que retarda su desarrollo y produce pérdidas en la población deseada, la que puede variar en dependencia de las medidas tomadas. Estos problemas son de carácter universal, aunque se agudizan en condiciones tropicales y subtropicales y fuera del período óptimo (Casanova, Olimpia Gómez y Depestre, 1991).

Por estas razones, Bowen y Kratky (1981) expresaron que ya en muchos países productores de estas zonas había ganado popularidad el empleo del trasplante con motas prensadas o cepellones, capaces de crear condiciones favorables a las plantas durante su establecimiento y de impedir los efectos del estrés, con lo cual se reducen las pérdidas de población y se garantiza la densidad deseada, siendo esta la principal ventaja que posee dicho sistema, a la vez que permite ahorros de agua y semillas, con un mejor y más fácil control de malezas.

2.2.1- Tecnología de cepellones.

En el mundo se ha ido imponiendo el trasplante de plántulas con cepellón producidas en distintos tipos de contenedores o bandejas. Esta técnica permite incrementar la densidad de plántulas ya que mejora la relación semillas utilizadas: plántulas obtenidas, consiguiendo ahorros de tiempo y espacio en el semillero. De esta manera, la producción de plántulas hortícolas se ha convertido en una empresa a gran escala, altamente calificada y de crecimiento económico importante (Fernández, 1997; Rodríguez, 1995). Sin embargo, Normann, (1993) señaló al respecto que, como contrapartida, estas plántulas requieren cuidados culturales más intensos ya que las condiciones de crecimiento de las raíces son alteradas en relación con el suelo debido a que:

- el pequeño volumen del recipiente limita la expansión de las raíces, ocasionando elevadas densidades de las mismas y, como consecuencia, se hace necesario un mayor suministro de oxígeno
- las paredes del recipiente no permiten el contacto de la planta con fuentes naturales de agua, causando su dependencia del riego
- la alta frecuencia del riego puede provocar el lavado de los nutrientes disponibles
- cuanto menor es la altura del recipiente mayor es la dificultad para el drenaje

Estos problemas pueden ser controlados con una correcta selección de los materiales a ser utilizados como medio de cultivo o sustrato hortícola.

2.2.2 - Los sustratos.

Ballester - Olmos (1992) y Abad (1995) definen el término sustrato en horticultura como un medio físico, natural o sintético, donde se desarrollan las raíces de las plantas que crecen en un recipiente, sea contenedor, saco, banqueta etc., que tiene un volumen limitado. Su función más importante es proporcionar un medio ambiente ideal para el crecimiento de las raíces permitiendo el anclaje o soporte mecánico de las plantas.

Las técnicas culturales utilizadas en la producción vegetal han experimentado rápidos y notables cambios durante las tres últimas décadas, como son los diseños de invernaderos y el riego automatizado. Junto a estos cambios tecnológicos se ha producido una notable sustitución del cultivo tradicional en el suelo por el uso de otros

soportes o sustratos, más o menos inertes, lo que brinda la posibilidad, con los conocimientos que existen sobre la nutrición vegetal y nuevos fertilizantes, de realizar un cultivo más ajustado a las necesidades específicas y estacionales, creando toda una técnica de cultivo forzado en la cual sustratos y fertilización tienen una gran importancia (Ballester - Olmos, 1992) .

La industria de los sustratos hortícolas a nivel internacional, según Gabriels y Verdonck (1991), se torna cada vez más fuerte debido al creciente interés por la producción vegetal en ambientes protegidos. La demanda anual de la Comunidad Económica Europea es de aproximadamente 20 millones de metros cúbicos de sustrato hortícola industrializado.

Los productos que se han estudiado como materiales a utilizar en la preparación de sustratos artificiales, nunca se emplean solos, salvo en casos que sean destinados para enraizamiento de esquejes o cultivos hidropónicos, sino más bien en mezclas cuya composición debe ser la idónea para las necesidades del cultivo en el medio donde se piensa cultivar. Cada especie de plantas requiere una composición distinta de las mezclas para sustratos y, más aún, esta mezcla debiera ser diferente según los distintos estadios del ciclo de la planta (Serrano, 1990).

Por su parte, Paneque y Bertolí (1998) señalan la importancia de que cada sustrato tenga una composición uniforme y homogénea, ya que son compuestos integrales que tienen sus características propias, las cuales dependen de la naturaleza de los materiales que la constituyen y de la forma en que fueron mezclados para obtenerlos .

2.2.3- Características y propiedades de los sustratos.

La planta de tomate puede ser sostenida y cultivada en diferentes tipos de materiales. De hecho, la planta puede ser cultivada y sobrevivir en cualquier medio de cultivo si las raíces pueden penetrar en el sustrato, pero la supervivencia no es un objetivo fundamental, por lo que se debe continuar investigando a fin de encontrar sustratos y condiciones de cultivos óptimas (Abad, 1995).

Un elevado número de materiales pueden ser utilizados con éxito, bien separadamente o bien en mezclas, en la preparación de los medios de cultivo para la planta de tomate.

La elección de un material particular, según Bunt (1988), Handreck y Black (1991) y Martínez y García (1993), está determinado usualmente por:

1. Su suministro y homogeneidad. Debe existir una abundante disponibilidad y alta homogeneidad, ya que un cambio en la calidad del sustrato puede llegar a alterar el sistema completo, lo que puede ocasionar pérdidas graves en la producción .
2. Su costo. El costo de los materiales es importante. Sin embargo, el costo del material no debe invalidar otros aspectos o factores, ya que el material elegido debe permitir alcanzar el objetivo propuesto con el mínimo de riesgo e inconvenientes .
3. Sus propiedades. Las analogías y diferencias entre distintos materiales utilizados como sustratos pueden ser comprendidas más fácilmente si las características de los materiales se consideran agrupadas en propiedades físicas, químicas y biológicas.
4. La experiencia local en su utilización. Existen diferencias marcadas entre zonas en aspectos tales como: estructura de los invernaderos, condiciones climáticas, calidad de las aguas de riego, variedades y ciclos de cultivo, etc. Esto nos obliga a adecuar los paquetes tecnológicos a las condiciones particulares.

Según Raviv, Chen e Inbar (1986), Abad (1992) y Martínez y García (1993), para obtener buenos resultados en el crecimiento y desarrollo de las plantas de tomate, los sustratos requieren las siguientes propiedades.

a)- Propiedades físicas.

Las propiedades físicas del medio de cultivo son de primera importancia ya que una vez que este se encuentre en el recipiente y la planta esté creciendo en él, no es posible realizarle modificaciones .

- Densidad aparente .

Se define como la masa seca del material sólido por unidad de volumen, incluyendo el espacio poroso entre las partículas (Ballester - Olmos, 1992).

La densidad aparente debe ser baja, teniendo en cuenta el anclaje de las plantas y el manejo y la manipulación para la transportación, considerando como rango óptimo los valores entre 100 y 800 gramos por litro (Ballester - Olmos, 1992).

- Granulometría.

El tamaño de las partículas del sustrato así como las dimensiones de los poros que estas determinan son dos características que van a condicionar el desarrollo de las plantas, puesto que la aireación radical y la retención de agua van a estar en función de aquellas (Abad, 1995).

El mejor sustrato se define como aquel material de textura gruesa a media, con una distribución del tamaño de los poros entre 30 y 300 micras, equivalentes a una distribución del tamaño de las partículas entre 0,25 y 2,5 mm, capaz de retener suficiente agua fácilmente disponible y de poseer además, un adecuado contenido de aire (Puustjärvi, 1983).

- Porosidad total .

Se define como el volumen porcentual del sustrato no ocupado por sus propias partículas, estimándose como valor adecuado aquel que se encuentra alrededor del 70 % del volumen del sustrato (Jiménez y Caballeros, 1990).

Consecuentemente, una alta porosidad total no indica por si misma una buena estructura del sustrato, sino que es necesario conocer la relación entre la fracción de la porosidad que proporciona el agua y aquella que proporciona la aireación.

El total de poros existentes en un sustrato se divide en: poros capilares de pequeño tamaño (menor de 30 micras), que son los que retienen el agua y los poros no capilares o macroporos, de mayor tamaño (superior a 30 micras), que son los que se vacían después que el sustrato ha drenado, permitiendo así la aireación (Raviv, Chen e Inbar, 1986; Bunt, 1988).

- Agua fácilmente disponible.

Es la diferencia entre la cantidad de agua retenida por el sustrato tras su saturación con el riego y posterior drenaje a una tensión mátrica de 10 cm y la cantidad de agua que se encuentra en dicho medio a una tensión de 50 cm. El valor óptimo oscila entre el 20 y el 30 % del volumen (Abad *et al.*, 1993).

- Capacidad de aireación .

Es el porcentaje de volumen del sustrato que contiene aire después de que dicho medio ha sido saturado con agua y dejado drenar usualmente a 10 cm de tensión. El nivel óptimo de la capacidad de aireación oscila entre el 20 y el 30 % en volumen (Abad *et al.*, 1993)

b)- Propiedades químicas.

Las propiedades químicas de los sustratos caracterizan las transferencias de materias entre el sustrato y la solución del sustrato. Estas transferencias son reacciones de disolución e hidrólisis de los constituyentes minerales (químicas), reacciones de intercambio de iones (físico - químicas) y reacciones de biodegradación de la materia orgánica (bioquímicas) (Abad, 1995).

- pH

La reacción del sustrato es importante porque ejerce sus efectos sobre la disponibilidad de los nutrientes, la capacidad de intercambio catiónico y la actividad biológica. El nivel óptimo del pH del sustrato para el cultivo del tomate es de 5,5 a 7,5 (Ballester - Olmos, 1992; Escudero, 1993).

- Disponibilidad de nutrientes.

Los sustratos orgánicos difieren marcadamente entre sí en sus contenidos de nutrientes asimilables; así, algunos (turba rubia, mantillo de bosque, etc.) poseen un nivel reducido de nutrientes asimilables, mientras que otros (compost) presentan niveles elevados, dependiendo dicho nivel del origen del material.

Los niveles de nutrientes más adecuados para el cultivo de tomate de sustratos de tipo turboso según Johnson (1980) son:

N-NH ₄ ⁺	151 - 200	mg . L ⁻¹ de sustrato
N-NO ₃	81 - 200	mg . L ⁻¹ de sustrato
P	56 - 100	mg . L ⁻¹ de sustrato
K	251 - 400	mg . L ⁻¹ de sustrato
Mg	26 - 35	mg . L ⁻¹ de sustrato

- Capacidad de intercambio catiónico.

Es la suma de los cationes cambiabiles que están adsorbidos por mol de sustrato. Dichos cationes quedan así retenidos frente al efecto de lavado del agua y están usualmente disponibles para la planta. Se considera conveniente un valor superior a 20 cmol . kg⁻¹ (Abad *et al.*, 1993; Cánovas, 1993) .

- Relación C/N.

La relación C/N se emplea tradicionalmente como un índice del origen de la materia orgánica, de su madurez, de su estabilidad y de su capacidad para suministrar nitrógeno a las plantas.

Una relación C/N inferior a 20 es considerada como óptima para el cultivo en sustrato y es un indicador de un material orgánico maduro y estable (Abad *et al.*, 1993 ; Ballester - Olmos, 1992; Paneque y Bertolí, 1998).

- Salinidad, conductividad eléctrica(C.E) y presión osmótica (P.O.).

La salinidad es la concentración de sales solubles presentes en la solución del sustrato y que no están adsorbidas por el complejo de intercambio del mismo. El valor de la C.E. constituye un buen indicador de la salinidad de un sustrato, y depende de la concentración de iones en la disolución y de la temperatura, no influyendo en ella la urea ni otros compuestos orgánicos que no se ionizan.(Abad, 1995).

La presión osmótica (P.O.) es muy importante para la absorción de agua por las plantas y depende de la cantidad de sólidos disueltos en la solución del medio, estando influenciada por la urea y otros compuestos orgánicos que no alteran la C.E., debiendo mantenerse entre 0,5 y 2,0 atmósferas al 50% de humedad (Abad, 1995).

c)- Propiedades biológicas.

Todos los sustratos orgánicos, incluso los relativamente estables, son susceptibles a la degradación biológica continua, viéndose favorecida esta situación por las condiciones ambientales que prevalecen en los invernaderos.

La población microbiana es la responsable de dicho proceso, pudiendo resultar finalmente su actividad biológica en deficiencias de oxígeno y de nitrógeno, liberación de sustancias fitotóxicas y contracción del sustrato. Así pues, la descomposición de la materia orgánica en los medios de cultivo, considerada de modo global, es desfavorable desde el punto de vista hortícola (Raviv, Chen e Inbar, 1986).

Muchos de los efectos biológicos de los sustratos orgánicos son directamente atribuibles a los ácidos húmicos y fúlvicos, que son los productos finales de la degradación biológica de la lignina y la hemicelulosa. Una gran variedad de funciones vegetales, tanto a nivel de células como de órganos, son afectadas positivamente por estos ácidos (Viser, 1986; Chen y Stevenson, 1986).

También es conocida la existencia de actividad auxínica (que controla el crecimiento celular y la iniciación de raíces) en los extractos de muchos materiales orgánicos utilizados en los medios de cultivo de las plantas. Ya que dicha actividad hormonal no ha podido ser relacionada con las sustancias húmicas, se ha atribuido a un efecto sinérgico entre las auxinas y los compuestos fenólicos que están presentes en dichos materiales como consecuencia de la degradación de los compuestos orgánicos, especialmente lignina (Chen y Stevenson, 1986; Raviv, Chen e Inbar, 1986).

2.2.4- Materiales utilizados como sustratos.

Estiércol. Son las deyecciones sólidas y líquidas de los animales, que han sufrido fermentaciones más o menos avanzadas en el establo y después en el estercolero. Su composición variará entre límites muy amplios, dependiendo de la raza, edad y alimentación del ganado (Juana Labrador *et al.*, 1993).

Cachaza. Es un residuo sólido de la industria azucarera que se obtiene como resultado del proceso de clarificación de los jugos de caña, por medio de la alcalinización con $\text{Ca}(\text{OH})_2$ y la aplicación de calor, lográndose coagular y precipitar los sólidos del jugo y después separarlos por decantación y filtrado (Paneque y Bertolí, 1998).

Turba. Es el conjunto de materias orgánicas producidas por la descomposición lenta de vegetales en zonas con exceso de humedad y deficiente oxigenación. Como consecuencia de estas condiciones, las materias orgánicas sólo se han descompuesto parcialmente; de ahí su aspecto fibroso característico y específico de cada tipo de turbera y sus propiedades, fundamentalmente su capacidad de retención de humedad, (Ballester - Olmos, 1992).

Humus de lombriz. Es el resultado de la transformación de sustancias orgánicas del suelo por algunas lombrices de tierra al pasar este material por su intestino, mezclándose con elementos minerales, microorganismos y fermentos que provocan la transformación bioquímica de dicho material. El producto de estas deyecciones queda así enriquecido y "predigerido" con lo que se acelera la mineralización de las sustancias orgánicas que lo componen (Juana Labrador *et al.*, 1993).

Compost. Son los productos de la mezcla de diferentes desechos vegetales y animales (en pilas bien ordenadas y almacenadas) con el objetivo de que sufran una

descomposición microbiana mediante fermentación, convirtiéndose en un tiempo prudencial en lo que se conoce también como mantillo o humus, en dependencia del grado de descomposición (Pastor, 1977).

Gallinaza. Es la mezcla de excremento de las gallináceas con los materiales que se usan para cama de los gallineros y que se obtiene en los lugares donde se crían intensivamente las aves (Paneque y Bertolí, 1998 ; Pastor, 1977).

Guano de murciélago. Son las excretas y cuerpos de esos mamíferos que van muriendo y se depositan en los pisos de las cuevas . Su calidad también va a estar influenciada por las aguas aciduladas que llegan a estos depósitos a través de las grietas y que forman las estalactitas y estalagmitas, siendo ricas en carbonato de calcio (Paneque y Bertolí, 1998; Pastor, 1977).

Arena. Es un material natural inerte que se emplea en la confección de mezclas para sustratos artificiales. El tipo de arena adecuada para estas mezclas es la silícica, de tamaño muy fino, pudiendo utilizarse las de ríos, de yacimientos y de playas; en este último caso es necesario lavarlas antes de ser empleadas (Serrano, 1990).

Zeolitas. Es un material compuesto por aluminio y silicio (aluminosilicatos hidratados porosos). Entre las propiedades físicas más notables de los minerales zeolíticos se encuentran su baja densidad (muy livianos), su elevado poder de absorción y la gran facilidad para la deshidratación; su volumen está constituido hasta en un 50 % de espacio poroso, sin cambiar su estructura, por lo que pueden rellenarse de líquidos o gases en ciclos repetidos. También son resistentes a la pulverización, teniendo baja resistencia a la abrasión y no se aterronan (Lilia Escurra y Pérez, 1989).

Los sustratos orgánicos naturales en el cultivo sin suelo suelen ser muy estimados. Las mezclas a base de turba son muy usadas en Europa, Norteamérica y otros lugares, señalando como ejemplo los primeros estudios realizados por la Universidad de California en la década del 50. Similares mezclas son usadas para cultivos de alto valor como el tomate.

En Canadá y Sur Africa se utiliza el aserrín; en el Este de Europa y otros lugares se utiliza la corteza de árboles maderables, donde la turba escasea y los costos de producción son muy altos; también se utilizan otros materiales como la fibra de coco, la cáscara de arroz, etc., que usualmente se mezclan con una proporción de materiales

inertes tales como la arena, permitiendo obtener un sustrato óptimo para el cultivo de plantas. (FAO, 1990). Ballester - Olmos (1992) señaló que el sustrato ideal para las plantas ornamentales era aquel que más se acercara en sus características físico - químicas al del hábitat de cada especie.

A continuación se presentan las formulaciones de algunos de los sustratos más empleados internacionalmente :

◆ John Innes Compost. (Ballester - Olmos, 1992)

60 % de tierra franca

25 % de turba

15 % de arena gruesa

Este sustrato fue propugnado hace varias décadas por la Estación de Investigaciones inglesa a la que debe su nombre . Su uso ha quedado obsoleto en la actualidad.

◆ Mezcla universal de la Universidad de California(U.C. Mix) (Ballester - Olmos, 1992; Serrano, 1990).

50 % de turba.

50 % de arena fina eólica .

incorporarle 110 g de nitrato potásico, 1200 g de sulfato de potasio y 1200 g de carbono cálcico por m³ de mezcla.

◆ Para plantas de interior decorativas(Ballester - Olmos, 1992)

a- 100 % de turba rubia gruesa.

3 kg. de abonos de liberación lenta.

3 kg. de cal.

b- 66 % de turba rubia.

33 % de tierra de bosque o material orgánico

2,5 kg. de abonos de liberación lenta.

2,0 kg. de cal

c- Para plantas menos delicadas.

66 % de turba rubia.

24 % de orujo no salino.

10 % de poliestireno expandido.

3 kg. de abonos de liberación lenta y 2 kg. de cal.

- ◆ Para cultivo en balseta (Serrano, 1990).
 - 20 % de arena .
 - 20 % de turba.
 - 20 % de estiércol muy hecho.
 - 40 % de arena arcillosa.
- ◆ Para germinación de maracuyá (Oliveira, Scivittaro y Vasconcellos, 1993).
 - 33 % de vermiculita.
 - 33 % de arena .
 - 33 % de estiércol.
- ◆ Para germinación de semillas y enraizamiento de estacas (Souza, 1993).
 - Debe usarse la cáscara de arroz carbonizada.
- ◆ Para estacas y esquejes (Serrano, 1990)
 - 50 % de arena.
 - 25 % de turba.
 - 25 % de arcilla.
- ◆ Para repicado de plantas (Serrano, 1990).
 - 33 % de arena .
 - 33 % de turba.
 - 33 % de montilla.
 - 1 kg. de abono complejo de alta graduación con formulas de equilibrio 1-1-1 por m³ de mezcla.
- ◆ Para vitroplantas de caña en canaleta. (Terán, Grass y Plana, 1996).
 - 50 % de cachaza
 - 50 % de zeolita.
- ◆ Para vitroplantas de caña de azúcar en cepellones. (Ortíz, de la Fé y Lara, 1998 a)
 - 40 % de cachaza.
 - 60 % de zeolita.
- ◆ Para tomate (Normann, 1993).
 - 50 % de cáscara de arroz carbonizado.
 - 50 % de turba.

- ◆ Para tomate y maracuyá (Biasi *et al.*, 1995).
 - 50 % de bagazo de caña .
 - 50 % de turba
- ◆ Para tomate y pimiento (Casanova, 1999).
 - 15% de litonita.
 - 85 % de material orgánico (turba, cachaza, humus de lombriz, estiércol vacuno, compost de cachaza, gallinaza, biotierra u otras turbas).
- ◆ Para pepino, melón y hortalizas de hojas (Casanova, 1999).
 - 10 % de litonita .
 - 90 % de material orgánico (turba, cachaza, humus de lombriz, estiércol vacuno, compost de cachaza, gallinaza, biotierra u otras turbas).

2.3 - La biofertilización y su empleo en el cultivo del tomate.

La biofertilización es la aplicación de productos basados en microorganismos que viven normalmente en el suelo, aunque en poblaciones bajas y que, al incrementarse su número por medio de la inoculación artificial, son capaces de poner a disposición de las plantas mediante su actividad biológica, una parte importante de las sustancias nutritivas que estas necesitan para su desarrollo (Martínez y Dibut, 1996; Rivera, 1998).

Son numerosos los informes de investigaciones realizadas en diversos países acerca de los microorganismos con los cuales preparar inóculos para ser utilizados en la agricultura, destacándose sus habilidades para la fijación del nitrógeno atmosférico, solubilización del fósforo, estimulación del crecimiento y control de patógenos (Ana N. Hernández, Annia Hernández y Mayra Heydrich, 1998 ; Siqueira y Franco, 1988), así como de tecnologías que posibilitan su aplicación (Fernández y Emma Rodríguez, 1996; Gómez *et al.*, 1994; Josefa Ruiz *et al.*, 1997).

El uso comercial de inóculos en el trópico no sólo se centra en cultivos perennes sino que tiene gran importancia para los de ciclo corto, motivado por su fácil aplicación en la

fase de semillero, siendo la posibilidad de mejorar la tolerancia de las plantas al estrés durante el trasplante y la adaptación al campo, dos de los atractivos que estimulan dicha práctica (Diederichs y Moawad, 1993).

Fernández *et al.* (1997) señalaron que el objetivo de la aplicación de los biofertilizantes es contribuir a mejorar la calidad y la productividad de los cultivos, mediante la eliminación total o parcial de los fertilizantes químicos, e introducir los mismos unidos a los abonos orgánicos como tecnología para producir una agricultura ecológica y sustentable.

Conociendo los resultados satisfactorios que se han obtenido tanto en el extranjero como en Cuba, en el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas durante los últimos 15 años se ha trabajado en la obtención de inóculos preparados con bacterias del género *Azospirillum* (Ana Velazco y Fernández, 1992) *Pseudomonas* (Ana N. Hernández, 1996), así como con hongos micorrizógenos arbusculares (Fernández, 1996).

Mabel Pasos (1998) planteó que el éxito inmediato de la inoculación de las plantas con bacterias benéficas varía considerablemente de acuerdo con el tipo de bacteria y la especie de la planta (excepto en el caso de las bacterias simbióticas, como el *Rhizobium*) ya que, poco después que las bacterias son introducidas en el suelo, el número de estas, es decir su población, disminuye progresivamente. Este fenómeno limita el desarrollo de una tecnología confiable para la inoculación, estando la clave de este obstáculo en que el suelo es extremadamente heterogéneo. La especie inoculada debe encontrar un nicho apropiado en el suelo para sobrevivir y competir con la microflora nativa que está perfectamente adaptada al medio. De este modo, el papel fundamental del soporte del biofertilizante es proveer al microorganismo de un medio adecuado, aunque sea temporal, antes de su rápida disminución poblacional.

2.3.1 - Los hongos micorrizógenos arbusculares (H.M.A.). Efectos y utilización.

El vocablo micorriza según Plenchette (1982) lo utilizó por vez primera el botánico de origen alemán Albert Bernard Frank, en 1881, para designar "la asociación de hifas a los órganos subterráneos de las plantas superiores". Etimológicamente, está formado

por el término griego "mykos" que significa hongos y por el vocablo latino "rhizas" que significa raíz.

Basándose en los conceptos sobre la naturaleza física, los aspectos nutricionales, funcionales y ecológicos de las relaciones entre las plantas y los microorganismos, Siqueira y Franco(1988) definen las micorrizas como "simbiosis endófitas, biotróficas y mutualistas prevaleciendo en la mayoría de las plantas vasculares nativas y cultivadas, caracterizadas por el contacto íntimo y la perfecta integración morfológica entre el hongo y la planta, por la regulación de las funciones y el intercambio de metabolitos con beneficios mutuos".

La micorriza es un importante factor biológico dentro de la estructura y funcionamiento de los suelos, e incide sobre el comportamiento ecológico, la productividad y la composición de comunidades vegetales naturales, así como de cultivos agrícolas y plantaciones forestales. Los hongos formadores de micorrizas deben ser considerados, entonces, como parte de la diversidad biológica de los suelos y deben ser incluidos tanto en los inventarios como en los análisis de la biodiversidad a nivel de ecosistemas (Abbott y Gazey, 1994; Allen *et al.*, 1995 ; Bruns, 1995).

Actualmente existen muy pocas dudas entre los científicos de que los hongos micorrízicos son benéficos para el crecimiento, el desarrollo y, de hecho, la supervivencia de la mayoría de las plantas en los ecosistemas terrestres. De ahí que las simbiosis formadas entre los hongos MA y sus hospederos vegetales sean factores determinantes en la estabilidad de las comunidades de plantas en los ecosistemas globales (Dodd, 1996).

La asociación que se establece entre los hongos M.A. y las plantas se rige fundamentalmente por los genomas de las plantas y las características de las cepas del hongo, influenciados por el medio en que se desarrollen (Dehne, 1998; Gianinazzi - Pearson y Gianinazzi, 1989.). Así, en esta relación simbiótica, ambas partes resultan beneficiadas tomando el hongo los fotosintatos que le proporciona la planta para su desarrollo y mantenimiento y, simultáneamente, este le confiere a la planta mayor capacidad de absorción radical de algunos nutrientes, en especial el fósforo, y de agua permitiéndole a la planta obtener una mejor nutrición y resistencia al estrés hídrico (Letacon y Obaton, 1983; Marschner y Dell, 1994; Tarafdar y Marschner ,1994).

Juárez y Sánchez (1996) manifestaron que la capacidad que tienen los H.M.A. de incrementar el crecimiento vegetal se debe a que se estimula la captación de fósforo del suelo, siendo precisamente en suelos pobres en este elemento asimilable donde desarrollan prioritariamente su acción. De ahí la importancia que tienen para la agricultura, al existir gran cantidad de suelos de cultivo con contenidos bajos en fosfato disponible. Según Cooper (1984), Bürkert y Robson (1994) y Clapperton, Jansen y Johnston. (1997) es bien conocido que los H.M.A. incrementan la nutrición de las plantas, en particular de los elementos menos disponibles como el Zn, Cu y P, lo que ocurre a través del micelio extramatricial hacia la planta, incrementando sus concentraciones en los tejidos vegetales .

La micorrización resultará eficiente cuando exista una ganancia neta para la planta con esta asociación, o sea, cuando la energía y los productos del metabolismo de la planta que son utilizados para el desarrollo de las micorrizas sean largamente retribuidos por los incrementos en absorción y en la tasa de crecimiento neto. (Marschner y Dell, 1994; Smith *et al.*, 1994) .

El beneficio reportado por el uso de las asociaciones micorrízicas arbusculares al crecimiento de las plantas resulta espectacular, particularmente en suelos tropicales deficientes en fósforo asimilable y donde el potencial de explotación de estas es mucho mayor que en regiones de clima templado (Fredeen *et al.*, 1989; Sieverding, 1991).

Importantes cultivos como el café (Colozzi - Filho *et al.*, 1994; Estrada y Sánchez, 1995), los cítricos (Wood y Cummings, 1992; Cabrera y Prada, 1996), la yuca (Habte y Byappanahalli, 1994), entre otros, presentan niveles altos de micotrofia en las condiciones en que usualmente se cultivan. Otros cultivos, aún sin ser muy dependientes de la micorriza, se pueden beneficiar de su manejo en determinadas etapas de su desarrollo. Así ocurre, por ejemplo, con gramíneas como la caña de azúcar en la cual la inoculación puede favorecer el desarrollo y supervivencia de plántulas (Reis, Figueira y Oliveira, 1994; Ortiz, de la Fé y Lara, 1998b), el maíz (Diederichs, 1991; Martínez *et al.*, 1996), el arroz (Secilia y Bagyaraj, 1994; Fernández *et al.*, 1997), el sorgo (Seetharama *et al.*, 1990) y los pastos (Costa y Paulino, 1990).

Numerosos autores han confirmado los efectos beneficiosos que producen en el tomate las micorrizas arbusculares; así tenemos que Cuevas (1998), aplicando inóculos de

hongos micorrízicos en la fase de semillero, obtuvo al concluir esta etapa un efecto depresivo en los valores de altura y masa fresca de las plantas con relación a las del tratamiento testigo. Sin embargo, en la etapa posterior de trasplante fueron las plantas inoculadas las que lograron un mayor desarrollo, alcanzando un mayor volumen radical y un mejor nivel nutricional, lo que les permitió superar al resto de los tratamientos en las variables frutos por planta y rendimiento agrícola.

Alarcón *et al.* (1998), al hacer un estudio de la efectividad de cepas de endomicorrizas arbúsculares sobre los parámetros morfofisiológicos y el rendimiento del tomate en un suelo Pardo con carbonato, comprobaron que la cepa *Glomus mosseae* mostró los porcentajes más altos de infección micorrízica, logrando un 68,8 % de incremento en comparación con el testigo no inoculado y demostrando su elevado grado de infectividad y efectividad simbiótica.

Al estudiar el uso combinado del H.M.A. y diferentes dosis de fósforo (P), Desirée Llonín *et al.* (1998) obtuvieron respuesta al incremento en las dosis del fertilizante fosfórico, que se potenció con el uso de los hongos M.A. y se logró un incremento hasta del 25% en todos los casos donde se inoculó la semilla. Por su parte, Novella y Medina (1998), estudiando en condiciones semicontroladas los efectos de la inoculación de hongos M. A. en el cultivo del tomate var. INCA 9-1, determinaron que con la inoculación y el 50% de la dosis de fertilizante nitrogenado recomendada en el Instructivo Técnico se obtenían resultados superiores al tratamiento control.

2.3.2 -Las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (R.P.C.V.).

Efectos y utilización.

Las rizobacterias son microorganismos de la rizosfera con capacidad para colonizar la raíz, es decir, son capaces de sobrevivir a la inoculación sobre las semillas, o en el suelo, multiplicarse en la esfermosfera en respuesta a los exudados de la raíz, ricos en carbohidratos y aminoácidos, unirse a la superficie de la raíz y finalmente colonizar el sistema radical en desarrollo (Concepción Azcón - Aguilar y Barea, 1996). Dentro de estas se encuentran las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal cuyo término se empleó por primera vez por Kloepper y Schroth (1978) para describir un grupo de

rizobacterias que inducen incrementos en el crecimiento de las plantas cuando se inoculan sobre la semilla.

Sin que aún se conozca el mecanismo preciso por medio del cual estas bacterias promueven el crecimiento en las plantas, existen cientos de estudios que demuestran que las bacterias asociadas provocan efectos positivos sobre el crecimiento de las plantas (Bashan y Levanony, 1990; Bashan, Gina Holguín y Puente, 1992; Bashan, Gina Holguín y Ferrera - Cerrato, 1996), señalando sus autores los diversos mecanismos de acción que han sido propuestos para explicar la estimulación del crecimiento vegetal. Dichos mecanismos comprenden, la fijación del nitrógeno atmosférico, la producción de fitohormonas, el incremento del sistema radical, la alteración del funcionamiento de las membranas por medio de moléculas de comunicación celular, el control biológico y la hipótesis aditiva, la cual propone la intervención de todos los mecanismos mencionados anteriormente, operando de forma simultánea o en sucesión.

La utilización de rizobacterias como inoculantes microbianos también ha puesto de manifiesto la influencia de las mismas sobre algunas respuestas bioquímicas de las plantas. Tal es el caso de los compuestos fenólicos y las proteínas, que tienen un papel destacable en el desarrollo y funciones de la raíz, al ser probablemente, uno de los factores que produce mayores beneficios para el cultivo, pudiendo desempeñar un papel rector en este efecto la producción de sustancias promotoras del crecimiento por las cepas inoculadas o por las raíces, como una reacción a la colonización bacteriana (Annia Hernández, 1998).

Según González *et al.* (1994), las bacterias no simbióticas fijan nitrógeno atmosférico utilizando como sustratos sustancias nutritivas exudadas por la raíz de la planta correspondiente. Tales bacterias no forman estructuras morfológicas especiales, sino que penetran ligeramente en la lámina media de las células corticales, pudiendo fijar nitrógeno cuando crecen en ausencia del mismo, por lo que esta asociación no es una auténtica simbiosis mutualista sino una simbiosis asociativa o rizobiosis diazotrófica .

Para Dibut *et al.* (1996), la altura de las plantas es el parámetro fenológico donde más se detecta el efecto de las bacterias, ya que se logra una superioridad en el tamaño de las plantas bacterizadas en comparación con las plantas controles. Sin embargo, Fallik,

Sarij y Okon (1994) y Pozzon *et al.* (1993) plantean que el efecto más notable con la inoculación de *Azospirillum* se logra en el incremento del número de raíces laterales y pelos absorbentes, a través de la producción de fitohormonas por parte de la bacteria. Estas fitohormonas (auxinas, giberelinas y citoquininas) han sido identificadas en los cultivos con *Azospirillum* y los sitios preferenciales para la colonización son las zonas de emergencias de las raíces laterales y los pelos absorbentes (Vande Broek *et al.*, 1993; Del Gallo y Fendrik, 1994; Bashan y Holguin, 1995).

Estudios realizados por Hernández (1994) y Ana I. Fernández (1995), al aislar e identificar cepas autóctonas de *Azospirillum brasilense* y *Azospirillum lipoferum* en raíces de maíz y caña de azúcar, demostraron que las cepas nativas son capaces de ejercer un mayor efecto estimulador en el desarrollo del vegetal que las cepas foráneas evaluadas.

Por su parte, Marta Hernández, Madeline Pereira y Tong (1994) manifiestan que, en la mayoría de los suelos de Cuba, estas bacterias se encuentran en poblaciones entre 1 000 y 10 000 ufc . gramo de suelo. Estas poblaciones no son suficientes para obtener una acción beneficiosa, por lo que se hace necesario aumentarlas artificialmente para alcanzar poblaciones de hasta 100 000 000 ufc . gramo de suelo.

Al evaluar datos acumulados a nivel mundial durante los últimos 20 años en experimentos de inoculación con *Azospirillum*, Okon y Labandera - González (1994) concluyeron que los experimentos exitosos fueron aquellos en los cuales los investigadores utilizaron inoculantes de óptima calidad. Al respecto, Fulcheiri y Frioni, (1994) reportaron que el incremento de los rendimiento por efecto de la inoculación varió entre el 10 y 30 % .

En estudios realizados en Cuba para conocer los efectos de la inoculación de rizobacterias en algunos cultivos, se han obtenido resultado satisfactorios. Ana I. Fernández (1995) y Ana N. Hernández, Annia Hernández y Mayra Heydrich (1995), al evaluar plantas de maíz inoculadas con *Azospirillum sp.* y *Pseudomonas cepacia*, obtuvieron aumentos en la biomasa de las plantas y en su estado nutricional. Ortíz, de la Fé y Lara. (1998 b), en el cultivo de la caña de azúcar en fase de adaptación de vitroplantas con la utilización de *Pseudomonas cepacia*, lograron incrementos de un 20 % de la altura con relación a las plantas control. En el cultivo del arroz, Cuevas *et al.*

(1995) y Teresa Hernández, Díaz y Ana Velazco (1996), en experimentos de campo, manifestaron que los tratamientos donde fue aplicado *Azospirillum sp.*, los rendimientos fueron superiores y que, con el uso de esta bacteria, se lograba disminuir el 25 % de la fertilización nitrogenada.

También, varios autores han reportado el efecto beneficioso de estas rizobacterias en el cultivo del tomate. Así tenemos que Hadas y Okon (1987), al realizar estudios sobre morfología del tomate, demostraron un efecto marcado de la inoculación con *Azospirillum sp.*, mostrando las plantas inoculadas un mayor crecimiento y amplio desarrollo radical, lo cual fue atribuido a las fitohormonas suministradas por la bacteria Wilson (1996), al inocular con *Azotobacter* ocho variedades de tomate, encontró incrementos entre 34 y 96 % para la altura de la planta y entre 22 y 42 % para la masa seca. Resultados similares habían sido reportados con esta misma bacteria por Martínez (1990), logrando finalmente más de un 30 % de incremento en los rendimientos con relación al testigo.

Con el objetivo de determinar el efecto de la Fosforina (biopreparado a base de diferentes cepas de *P. fluorescens*) como un racionalizador del fertilizante fosfórico, Almaguer *et al.* (1996) y María Sarria, Martínez y Nuvia Grimón (1996), trabajando en diferentes tipos de suelos y variedades de tomate, plantearon que la aplicación de estas bacterias no sólo pudo suplir hasta el 50% del fertilizante, sino que además lograron incrementar los rendimientos en 4,0 y 6,4 toneladas por hectárea, respectivamente.

Por su parte, Cuevas (1998) y Elein Terry (1998), utilizando la rizobacteria *Azospirillum sp.* en la fase de semillero y trasplante, reportaron la factibilidad de esta práctica, permitiéndoles obtener plántulas más vigorosas en un menor tiempo y aptas para el trasplante.

2.3.3 -Interacción hongos micorrizógenos arbusculares - rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal.

Pocos estudios han examinado la posible interacción entre los hongos M.A. y las R.P.C.V. Estas últimas podrían antagonizar no sólo a los patógenos, sino también a los hongos formadores de micorrizas, mediante la producción de compuestos antifúngicos o sideróforos. Por otro lado, los hongos M.A. inducen cambios importantes en las

poblaciones de ciertos microorganismos del suelo y, consecuentemente, podrían también estimular o inhibir la colonización y el establecimiento de las R..P.C.V . Es fundamental conocer las interacciones entre estos microorganismos con miras a intentar una manipulación de las mismas, dirigida a mejorar el establecimiento y desarrollo del vegetal.(Azcón - Aguilar y Barea, 1996).

El manejo de hongos M.A. asociados a sistemas de fijación biológica de nitrógeno es una práctica conveniente, según Barea, Azcon y Azcon (1992) y Sinh y Sinh (1993), para estimular de manera sinérgica la nutrición con fósforo y nitrógeno, dos de los elementos más limitantes del desarrollo vegetal en buena parte de los suelos tropicales. Las combinaciones de *Azospirillum sp.* y hongos M.A. son un ejemplos de interacciones benéficas. El hongo M.A. es un simbiote obligado, que forma micorriza con las raíces de las plantas. La colonización de estas raíces por el hongo M.A. estimula el descenso de los azúcares de las hojas y ramas a las raíces y estos pueden ser una fuente de carbono más asimilable para el *Azospirillum*,; a su vez, las fitohormonas producidas por el *Azospirillum* mejoran la formación y desarrollo de las micorrizas arbusculares en diferentes plantas (Linderman, 1992; Volpin y Kapulnik, 1994).

La relación que se establece entre los hongos M.A. con las rizobacterias *Azospirillum* y *Azotobacter* sigue una tendencia similar, según Bagyaraj, (1984), Harar, Kigel y Okon. (1988) y Ho (1988), encontrando incrementos en los niveles de colonización micorrízica y efectos aditivos o sinérgicos de la doble inoculación sobre el crecimiento y la nutrición de las plantas; al parecer, estos efectos están más relacionados con la producción de fitohormonas por parte de las bacterias, que con su capacidad de fijar nitrógeno.

Al - Nahidh y Gomah (1991) señalaron que la inoculación mixta de *Azospirillum* y hongos M.A. origina una relación de la que se obtiene un incremento significativo en el crecimiento y en el contenido de fósforo en las plantas, por lo que esta doble inoculación podría reemplazar la aplicación de fertilizantes nitrogenados y fosfóricos.

Algunos estudios de la interacción entre los H.M.A y las R.P.C.V. en el cultivo del tomate han sido realizados por Barea *et al.* (1975; 1991), reportando incrementos en la infección micorrízica, así como aumentos en la producción de sustancias promotoras del crecimiento. También Boelens *et al.* (1993) y Defreitas y Germida, (1992), en este mismo cultivo y utilizando cepas de *Glomus mosseae* y bacterias solubilizadoras de

fósforo, obtuvieron incrementos de la producción con relación a la utilización de cada una de ellas inoculadas por separado.

Por su parte, Cuevas (1998), Elein Terry, María de los A. Pino y Medina (1998) y Pulido y Peralta (1996), en condiciones de campo, han reportado el efecto positivo que han obtenido al realizar inoculaciones mixtas con las cepas de hongos M.A. *Glomus manihotis* y *Glomus fasciculatum* con la R.P.C.V. *Azospirillum sp.*

3- MATERIALES Y MÉTODOS

3.1- Condiciones experimentales generales.

Los estudios se realizaron en el Área Central del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, en el municipio San José de las Lajas, provincia La Habana, a los 23° 00' de latitud Norte y 32° 12' de longitud Oeste y a 138 m snm.

El comportamiento de las condiciones climáticas durante la etapa experimental fue el siguiente:

- ◆ Para condiciones semicontroladas con control de riego.(enero - febrero)
 - Temperatura máxima-----26,61°C
 - Temperatura mínima-----13,06°C
 - Temperatura media -----19,83°C
- ◆ Para condiciones de campo.(febrero - abril)
 - Temperatura máxima-----28,75°C
 - Temperatura mínima-----17,00°C
 - Temperatura media-----22,87°C
 - Humedad relativa promedio ----- 73,00 %
 - Precipitación acumulada-----47,20 mm

3.2- Metodología de trabajo

El trabajo experimental contó con tres experimentos los cuales se realizaron de forma que los resultados de los experimentos terminados constituyeron los precedentes utilizados en el experimento posterior. De estos, dos se realizaron en condiciones semicontroladas, para evaluar los sustratos y la biofertilización en cepellones y el tercero en condiciones de campo, todos en época tardía de siembra.

Las bandejas utilizadas para la obtención de plántulas de tomate con cepellón fueron de alvéolos troncocónicos de 26 cm³, utilizando la variedad de tomate INCA 9-1, que

presenta crecimiento determinado y es catalogada de ciclo corto (90- 100 días), siendo su objetivo principal el de industria (María C. González, 1997).

A continuación se presentan las características de cada uno de los experimentos:

Experimento 1: Evaluación de la composición de sustratos para el cultivo del tomate en cepellones.

Con el objetivo de evaluar el efecto de diferentes composiciones de sustrato en el cultivo de tomate en cepellones, se diseñó un esquema experimental completamente aleatorizado con cinco tratamientos y diez observaciones, según se muestra a continuación:

Tratamientos	Relación Zeolita (Litonita):M.O. (Cachaza)	
	Relación volumétrica (%)	Relación de masa (proporción en peso)
1	100:0	1,00:0,00
2	75:25	5,40:1,00
3	50:50	1,80:1,00
4	25:75	1,00:1,66
5	0:100	0,00:1,00

La preparación de los sustratos, así como el llenado de las bandejas se realizó de forma manual colocándose las mismas sobre mesas de 80 cm de altura en el umbráculo para ello establecido. La siembra se efectuó de forma manual colocando 2 semillas por alvéolo de forma que permitiera garantizar el 100% de la población (una planta por alvéolo), para lo cual se efectuó el correspondiente raleo a los 7 días después de la germinación. El riego se realizó una o dos veces al día de acuerdo al desarrollo de las plantas y para ello se utilizaron microaspersores .

En las Tablas 1 y 2 se presentan las principales características químicas y físicas de los sustratos estudiados, que estuvieron compuestos por los materiales: zeolita del tipo litonita (lit.) y cachaza.(cach.).

Tabla 1: Características químicas de los sustratos empleados.

Trat. (%) lit.:cach.	pH H ₂ O	M.O. (%)	P (ppm)	K ⁺ (cmol - kg ⁻¹)	Ca ²⁺ (cmol - kg ⁻¹)	Mg ²⁺ (cmol - kg ⁻¹)
100:0	6,3	-	1050	13,55	19,5	30,44
75:25	7,0	25,39	2750	12,40	19,8	26,09
50:50	7,1	26,32	5550	12,00	22,0	23,09
25:75	7,1	28,02	7800	11,50	22,5	19,35
(Base seca)*	pH (H ₂ O)	M.O. (%)	P (%)	K ⁺ (%)	Ca ²⁺ (%)	Mg ²⁺ (%)
0:100	7,2	59,30	4,4	0,20	10,02	1,06

*El contenido de humedad de la cachaza fresca fue de 59,80 %

Tabla 2: Algunas propiedades físicas de los sustratos empleados.

Tratamiento (%) Lit.:cach.	Densidad real (g/cm ³)	Densidad aparente (g/cm ³)	Porosidad total (%)
100:0	2,38	0,97	59,24
75:25	2,34	0,81	65,38
50:50	2,31	0,71	69,26
25:75	2,16	0,55	74,54
0:100	1,94	0,27	86,08

Nota: La granulometría de todos los sustratos fue ≤ 3 mm.

Experimento 2: Evaluación de la biofertilización en fase de plántulas.

Con el objetivo de evaluar preliminarmente el efecto de diferentes microorganismos rizosféricos (H.M.A. y R.P.C.V.) como biofertilizantes para la producción de plántulas de

tomate, se estableció el siguiente experimento, donde fueron estudiadas las siguientes variantes, en un diseño completamente aleatorizado con nueve tratamientos y diez observaciones:

1. Testigo sin inocular
2. *Glomus manihotis* (*G. manih.*)
3. *Glomus fasciculatum* (*G. fasc.*)
4. *Azospirillum brasilense* Sp-7 (*A. bras.*)
5. *Pseudomonas cepacia* (*P. cep.*)
6. *Glomus manihotis* + *Azospirillum brasilense* Sp-7
7. *Glomus manihotis* + *Pseudomonas cepacia*
8. *Glomus fasciculatum* + *Azospirillum brasilense* Sp-7
9. *Glomus fasciculatum* + *Pseudomonas cepacia*

Para la realización del experimento se utilizó el sustrato con la relación porcentual 50-50 de litonita y cachaza, en volumen con el cual se obtuvieron los mejores resultados en el experimento 1.

La selección de las cepas de los microorganismos se realizó teniendo en cuenta los resultados de los trabajos realizados por Medina (1994) y María I. Hernández *et al.* (1997), así como del análisis de quimioatracción entre tres bacterias rizosféricas y los exudados radicales del cultivo del tomate realizados previamente en el Laboratorio de Rizobacterias del INCA, cuyos resultados se muestran a continuación.

Tiempo de exposición (min.)	Población (Ufc . ml ⁻¹)		
	<i>Azospirillum brasilense.</i>	<i>Pseudomonas cepacia</i>	<i>Pseudomonas fluorescens</i>
20	1,2 x 10 ⁸	8,6 x 10 ⁶	3,2 x 10 ⁶
40	3,6 x 10 ⁸	1,1 x 10 ⁷	1,4 x 10 ⁷
60	5,1 x 10 ⁹	3,2 x 10 ⁸	1,5 x 10 ⁸

La inoculación con biofertilizantes se efectuó utilizando la tecnología de recubrimiento de semillas recomendada por Gómez et al. (1994), utilizando para la misma cepas de hongos micorrizógenos y bacterias rizosféricas con las siguientes especificaciones:

INOCULANTE	Título
<i>Glomus manihotis</i>	20 esporas . g ⁻¹ de suelo
<i>Glomus fasciculatum</i>	25 esporas . g ⁻¹ de suelo
<i>Azospirillum brasilense</i> Sp - 7	1,5 . 10 ⁹ ufc . ml ⁻¹
<i>Pseudomonas cepacia</i>	4,3 . 10 ⁹ ufc . ml ⁻¹

El montaje del experimento y las atenciones dadas fueron similares a las señaladas para el experimento 1.

Experimento 3: Evaluación agronómica de las plántulas obtenidas por tecnología de cepellones.

Para la realización de este experimento se tuvieron en cuenta los resultados de los experimentos 1 y 2, utilizando la composición de sustrato más adecuada y las cepas más promisorias, tanto de hongos micorrizógenos como de bacterias rizosféricas, evaluando los siguientes tratamientos:

1. Testigo sin inocular
2. *Glomus manihotis* (*G. manih.*)
3. *Azospirillum brasilense* Sp - 7 (*A. bras.*)
4. *Glomus manihotis* + *Azospirillum brasilense* Sp - 7

El diseño utilizado en la fase de obtención de plántulas fue completamente aleatorizado con dichos tratamientos y diez observaciones, siendo similares el manejo experimental y las atenciones dadas, a los reportados en los experimentos 1 y 2.

En la fase de trasplante, los tratamientos evaluados fueron complementados con fertilizantes minerales que suministraban los nutrientes a dosis proporcionales al efecto esperado de cada inoculante según el esquema:

1. Testigo sin inocular [150 kg N - 75 kg P₂O₅ - 100 kg K₂O/ha] (Norma Técnica)
2. *G. manihotis* + [150 kg N - 37 kg P₂O₅ - 50 kg K₂O/ha]
3. *A. brasilense* Sp - 7 + [100 kg N - 75 kg P₂O₅ - 100 kg K₂O / ha]

4. *G. manihotis* + *A. brasilense* Sp - 7 + [100 kg N - 37 kg P₂O₅ - 50 kg K₂O/ha]

Las dosis de fertilización mineral se seleccionaron de acuerdo a los resultados de Medina (1994) y Fernández (1996), utilizando como portadores la urea, el superfosfato triple y el cloruro de potasio.

El suelo sobre el cual se desarrolló el experimento fue Ferralítico Rojo compactado, sobre caliza profunda, con una fertilidad de media a alta según el Instituto de Suelos (Academia de Ciencias de Cuba, 1989), mostrándose sus principales características químicas en la Tabla # 3.

Tabla # 3: Características químicas del suelo utilizado.

Profundidad (cm)	pH (H ₂ O)	M.O. (%)	P (ppm)	K ⁺ cmol -kg ⁻¹	Ca ²⁺ cmol -kg ⁻¹	Mg ²⁺ cmol -kg ⁻¹
0-20	7,02	2,40	287	0,46	11,22	1,30

El diseño experimental en la fase de trasplante fue bloques al azar con cuatro tratamientos y cuatro réplicas, teniendo las parcelas un área de 18 m², dándose las atenciones culturales recomendadas en el Instructivo Técnico del cultivo (MINAGRI, 1984).

3.3- Evaluaciones y análisis realizados.

Para evaluar el efecto de los tratamientos en el crecimiento y desarrollo de las plántulas de tomate, a los 21 días de germinadas las semillas (momento de trasplante) se tomaron 10 plantas por tratamiento a las cuales se les midió:

Altura : utilizando regla graduada en cm, midiendo desde el cuello hasta el ápice.

Diámetro del tallo : empleando un pie de rey, a 1 cm del cuello del tallo.

Número de hojas: por conteo

Masa fresca: utilizando una balanza con precisión 0,01 g .

Masa seca: secando en estufa, a temperatura de 70⁰C, y posterior pesaje en balanza con igual precisión.

En el experimento de campo, una vez finalizado su ciclo de cultivo, se cosecharon los frutos, determinando el rendimiento en toneladas por hectárea y el número de frutos promedio por planta.

En el experimento 2 la infección micorrízica (exp. 2) se determinó según la técnica de tinción establecida por Phillip y Hayman (1970) y el grado de colonización de las especies de rizobacterias en estudio (*Pseudomonas cepacia* 0057 y *Azospirillum brasilense* Sp- 7) se determinó siguiendo la metodología descrita por Ana N. Hernández, Annia Hernández y Mayra Heydrich *et al.* (1998).

Para el procesamiento estadístico se utilizaron el análisis de varianza de clasificación simple y doble, comparando las medias mediante la prueba de rango múltiple de Duncan.

3.4- Valoración económica.

Para la valoración económica de los resultados del experimento 3, se utilizó la metodología propuesta por la FAO (1980), calculando los siguientes indicadores.

- **Valor de la producción (\$)** = rendimiento del cultivo . precio de 1 t de tomate .
- **Valor del aumento de la producción (\$)** = valor de la producción de los tratamientos - valor de la producción del testigo.
- **Costo del fertilizante (\$)** = Cantidad de fertilizante aplicado . precio del fertilizante.
- **Beneficio neto (\$)** = valor de la producción - costo del fertilizante.
- **Relación valor / costo** = valor del aumento de la producción / costo del fertilizante.

Para el cálculo económico de los indicadores propuestos se tuvieron en cuenta los siguientes valores .

- Precio de los fertilizantes minerales según listado oficial del MINAGRI (Paneque, 1999 comunicación personal).

Urea	\$290,00/t
------	------------

SFT \$300,00/t

KCL \$200,00/t

- Precio de los biofertilizantes según listado oficial del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, 1999:
- Ecomic (Biofertilizante a partir de hongos M.A. del genero *Glomus*) \$2,50 . kg⁻¹
- Azofert (Biofertilizante a partir de bacterias del genero *Azospirillum*) \$20,00 . kg⁻¹
- Precio de la tonelada de tomate de industria (precio pagado a los productores en la cosecha 1998 - 1999) \$340,00 . t⁻¹

4- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1- Experimento 1: Evaluación de la composición de los sustratos para el cultivo del tomate en cepellones.

4.1.1- Efectos de los tratamientos sobre el crecimiento de las plántulas.

La altura de las plántulas en la fase de semillero es uno de los parámetros de crecimiento que tiene mayor valor para determinar su aptitud para el trasplante. En la Figura 1 se muestra la influencia de los diferentes sustratos estudiados sobre la altura de las plántulas a los 21 días después de germinadas las semillas, pudiendo observarse diferencias significativas entre los tratamientos, siendo el tratamiento 3 (relación 50:50) el que tuvo un mayor efecto positivo, alcanzando dichas plantas un tamaño acorde a lo establecido en el Instructivo Técnico del cultivo de los semilleros (MINAGRI, 1983), donde se establece como postura de primera calidad la que tiene una altura de 15 a 18 cm. Merecen destacarse los tratamientos donde los sustratos estaban compuestos por mezclas. Así los tratamientos 2, 3 y 4 fueron superiores a aquellos donde el sustrato estaba compuesto por un solo material, (tratamientos 1 y 5).

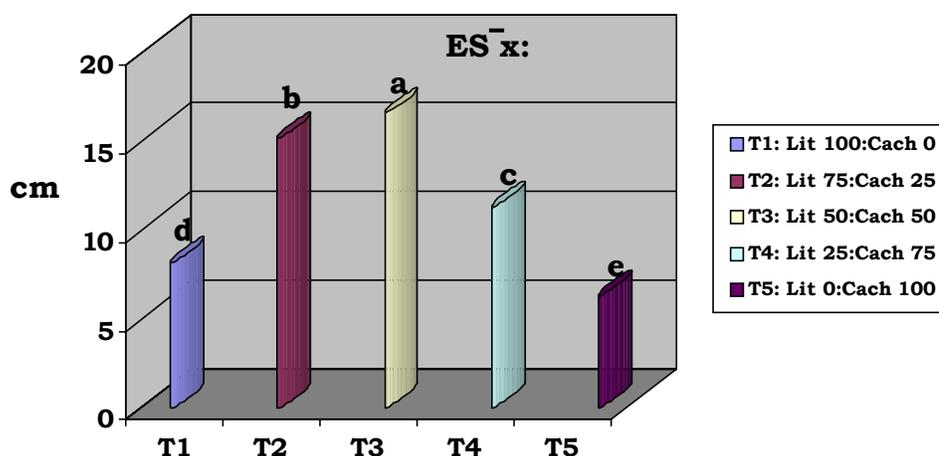


Figura 1: Comportamiento de la altura de las plántulas

El resultado obtenido con el tratamiento 3 es atribuible a la influencia de las propiedades físicas logradas con esta mezcla de iguales proporciones volumétricas, la que tiene como característica, poseer adecuadas condiciones para el desarrollo del cultivo; al mismo tiempo, su característica textural permite el drenaje rápido del agua en exceso con posterioridad al riego, lo que hace que el espacio poroso posea un adecuado contenido de aire y retenga suficiente agua fácilmente disponible para las plantas.

Estos resultados coinciden con los obtenidos por Normann (1993) quien señala que las mezclas con acondicionadores logran una mejoría en una o más propiedades del material original, siendo muy difícil encontrar en la naturaleza un material que, por sí, sólo, satisfaga todas las exigencias de un sustrato ideal.

El diámetro del tallo es otro de los parámetros del vigor de la plántula que se considera importante en el momento del trasplante ya que muestra la fortaleza y resistencia que dicha planta puede tener al ser sometida a condiciones de campo.

En el comportamiento del diámetro del tallo, expuesto en la Figura 2, se observa que las plantas del tratamiento 3 (relación 50:50) también lograron un mayor grosor del tallo, diferenciándose de forma significativa del resto de los tratamientos; los valores menores corresponden a las plantas del tratamiento 5, compuesto por cachaza solamente; el resto de los tratamientos tuvieron un comportamiento intermedio.

Este resultado evidencia que las características del sustrato que posibilitaron a las

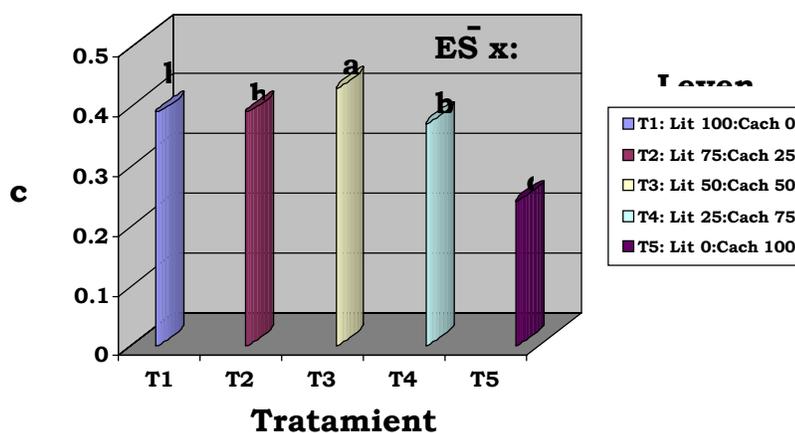


Figura 2: Comportamiento del diámetro del tallo

plantas del tratamiento 3 alcanzar mayor altura similarmente tuvieron un efecto positivo en la obtención de un mayor diámetro del tallo, con un valor de 0,43 cm, que se considera adecuado según el Instructivo Técnico del cultivo (MINAGRI 1983).

El número de hojas emitidas también es un parámetro importante del desarrollo biológico del cultivo, por ser la aparición de la cuarta hoja verdadera en el cultivo del tomate el marcador fenológico, según Gladys Verde y Marta Álvarez (1994), que divide en dos subfases la etapa vegetativa, debiendo realizarse el trasplante con posterioridad a la emisión de dicha hoja.

En la Figura 3 se muestra el número de hojas que produjeron las plantas en el período analizado, observándose las diferencias significativas provocadas por los tratamientos en estudio, de los cuales el tratamiento 3 (relación 50 : 50) logró el mayor número de hojas, no diferenciándose de los tratamientos 1 y 2, mientras que el tratamiento 5 (100 % cachaza) dio lugar a plantas con el menor número de hojas en la fase vegetativa del cultivo; las plantas del tratamiento 4 tuvieron un comportamiento intermedio, no diferenciándose significativamente del tratamiento 1.

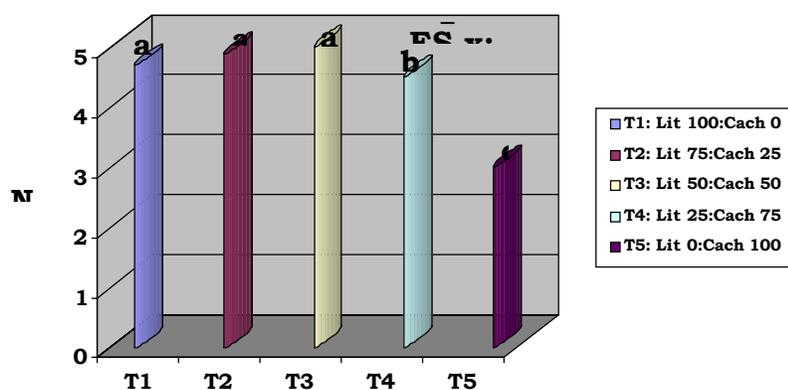


Figura 3: Comportamiento de la emisión de

Estos resultados coinciden con Plonquet (1997), quien determinó que la variedad INCA 9-1, en época óptima de siembra, emitía la cuarta hoja a los 19 días después de la germinación.

Tabla 4: Acumulación de masa fresca y seca por las plántulas.

<u>Tratamiento</u>	Composición (% Lit- Cach.)	Masa fresca (g . planta ⁻¹)	Masa seca (g . planta ⁻¹)
1	100 -	2,73 b	0,28 c
2	75 - 25	4,90 a	0,52 b
3	50 - 50	5,22 a	0,62 a
4	25 - 75	2,93 b	0,31 c
5	- 100	0,67 c	0,08 d
	ES x	0,12***	0,01***

En el comportamiento de las variables masa fresca y seca, que se muestra en la Tabla 4, se destaca de forma positiva nuevamente el tratamiento 3 (relación 50:50), el cual produjo valores significativamente superiores al resto de los tratamientos, mientras que el tratamiento 5 (100% cachaza) alcanzó los resultados más bajos; para el resto de los tratamientos, las acumulaciones de masa fresca y seca logradas por las plantas tuvieron valores medios entre ambos tratamientos.

Generalizando todo lo antes expuesto, se observó que las características de los sustratos evaluados como trataminetos tuvieron un efecto directo y diferenciado sobre el crecimiento y desarrollo de las plántulas, que se reflejó en los valores alcanzados por las variables analizadas (altura, diámetro del tallo, número de hojas y producción de masa fresca y seca), destacándose el efecto del tratamiento 3 (relación 50 : 50) que mostró los mejores valores en todas las evaluaciones.

Este comportamiento refleja la influencia de las diferentes composiciones de sustrato establecidas como tratamientos, destacándose como las variaciones en los contenidos de los materiales utilizados en las mezclas provocaron que las mismas alcanzaran, en igual tiempo, diferentes valores del crecimiento de las plántulas. Esto es atribuible a las propiedades químicas y físicas de cada composición de sustrato, fundamentalmente a las físicas, dado que los contenidos de nutrientes en todos los sustratos evaluados fueron lo suficientemente altos como para permitir un adecuado desarrollo del cultivo; sin embargo, los valores de la densidad aparente (0,71 g/cm³) y de la porosidad total (69,26 %) que posee el tratamiento 3 (relación 50:50), parecen haber tenido una influencia decisiva para que las plantas desarrollaran un mayor y más eficiente sistema

radical, al permitirle a este una mejor penetración en el sustrato y una beneficiosa relación aire - agua posterior al drenaje del agua en exceso producto del riego sistemático.

Debe destacarse que, con la utilización del sustrato con la composición volumétrica 50 : 50 de litonita – cachaza, se obtuvieron los valores adecuados para los diferentes índices de crecimiento evaluados en las plántulas, en un tiempo menor (21 días) que el normalmente requerido para alcanzar dichos valores mediante los sistemas tradicionales de semilleros, donde alcanzan los 28 – 30 días; lo que constituye un aumento de la eficiencia en la producción de plántulas.

4.2- Experimento 2: Evaluación de la biofertilización en la fase de plántulas

4.2.1- Evaluación de la colonización radical por algunos microorganismos rizosféricos

Al evaluar los diferentes indicadores de colonización fúngica de las raíces por hongos M.A., mostrados en la Tabla 5, se observó que hubo efectos positivos en los tratamientos inoculados en comparación con el testigo.

Tabla 5: Comportamiento de los indicadores de colonización fúngica.

Tratamientos	Infección %	Densidad visual %	Peso del endófito mg . g ⁻¹
Testigo	14	0,15	0,30
<i>G. manihotis</i>	25	1,35	1,71
<i>G. fasciculatum</i>	24	1,63	1,26
<i>A. brasilense (Sp-7)</i>	13	0,14	0,28
<i>P. cepacia</i>	17	0,29	0,40
<i>G.man.</i> + <i>A. bras.</i>	36	1,55	2,91
<i>G.man.</i> + <i>P. cep.</i>	35	1,95	1,10
<i>G.fas.</i> + <i>A. bras.</i>	28	1,53	2,26

<i>G.fas. + P.cep.</i>	34	1,73	2,06
------------------------	----	------	------

Así, la inoculación con *Glomus manihotis* y *Glomus fasciculatum* produjo aumentos notables en todos los parámetros, lo que resulta lógico y da una medida de la efectividad de la inoculación, sin embargo, de mayor interés son los resultados correspondientes a los tratamientos donde se realizó la inoculación mixta o coinoculación con dichos hongos M.A. y las rizobacterias *Azospirillum brasilense* y *Pseudomonas cepacia*, donde se incrementaron hasta en 1,5 veces los valores de los índices de colonización fúngica, destacándose la combinación *G. manihotis* + *A. brasilense*

En este sentido, ya Meyer y Linderman (1986), al estudiar la interacción entre la *Pseudomona* pútida y *Glomus fasciculatum* habían reportado un efecto estimulador de la bacteria en la colonización del sistema radical por el hongo M.A. los resultados obtenidos también son coincidentes con los informados por Harari, Kigel y Okon (1998), Josefa Ruiz *et al.* (1997) y Elein Terry (1998) en estudios similares.

Por otra parte, en la Tabla 6 se presentan los resultados alcanzados para la colonización radical por algunos géneros de rizobacterias como efecto de los tratamientos en estudio.

Tabla 6: Comportamiento de la colonización radical por poblaciones de RPCV en la rizosfera del tomate.

Tratamiento	<i>Pseudomonas sp.</i> (ufc .g ⁻¹ de s. r.) [*]	Nitro fijadores totales (ufc .g ⁻¹ de s. r.)	<i>Azospirillum sp</i> (ufc .g ⁻¹ de s. r.)
Testigo	1,3 . 10 ⁴	1,1 . 10 ⁶	2,3 . 10 ³
<i>G. manihotis</i>	1,1 . 10 ⁵	1,1 . 10 ⁶	4,7 . 10 ³
<i>G. fasciculatum</i>	0,7 . 10 ⁵	3,1 . 10 ⁶	4,8 . 10 ³
<i>A. brasilense sp-7</i>	3,1 . 10 ⁵	3,7 . 10 ⁸	3,1 . 10 ⁵
<i>P. cepacia</i>	4,1 . 10 ⁷	4,1 . 10 ⁶	1,1 . 10 ³
<i>G. manih. +A. bras</i>	2,1 . 10 ⁵	3,5 . 10 ⁸	8,7 . 10 ⁶
<i>G. manih. + P. cep.</i>	2,5 . 10 ⁸	1,7 . 10 ⁶	3,2 . 10 ³
<i>G. fasc. + A. bras.</i>	1,7 . 10 ⁵	4,7 . 10 ⁸	3,1 . 10 ⁶

<i>G. fasc. + P. cep.</i>	$1,5 \cdot 10^8$	$3,5 \cdot 10^6$	$4,1 \cdot 10^3$
---------------------------	------------------	------------------	------------------

* suelo rizosférico

Se aprecia que las mayores poblaciones de los géneros *Pseudomonas* y *Azospirillum* en la rizósfera de las plántulas de tomate se alcanzaron en los tratamientos inoculados con bacterias de dichos géneros, con niveles de colonización 3000 y 150 veces superiores al testigo, respectivamente, mientras que la población de nitrofixadores totales tuvo un comportamiento similar y correlacionado con la del género *Azospirillum*, elevando sus valores en 300 en todos aquellos tratamientos donde se aplicó la inoculación con *Azospirillum brasilense*, lo que se explica al tener en cuenta la capacidad demostrada de esta bacteria de fijar nitrógeno atmosférico (Bashan, Gina Holguín y Ferrera – Cerrato, 1996).

De forma similar a lo ya analizado para los parámetros de colonización fúngica, los tratamientos donde se coinocularon los hongos M.A. con las rizobacterias fueron los que presentaron los mayores valores poblacionales de *Pseudomonas sp.* (10000 a 20000 veces mayores que el testigo) y de *Azospirillum sp.* (1500 a 4000 veces mayores que el testigo), lo que corrobora el efecto mutuamente sinérgico entre los hongos M.A. y las rizobacterias para promover su colonización radical. Nuevamente, la combinación de *G. manihotis* + *A. brasilense* resultó la más efectiva en este sentido.

4.2.2. Efectos de los tratamientos sobre el crecimiento de las plántulas.

En la Figura 4, donde se presenta el efecto de los diferentes tratamientos sobre la altura de las plantas, puede observarse que los mayores valores, sin diferencias significativas entre ellos, fueron alcanzados por las variantes 3, 4,6 y 8, donde estaban presentes la rizobacteria *A. brasilense*, tanto en inoculación simple como en coinoculación con los hongos M.A. *G. manihotis* y *G. fasciculatum*, así como la rizobacteria *P.cepacia* coinoculada con *G. manihotis*. La inoculación simple con *P. cepacia* (tratamiento 5) y coinoculada con *G. fasciculatum* (tratamiento 9) produjo plántulas menores, aunque significativamente superiores al testigo, mientras que el efecto de la inoculación simple con los hongos M.A. fue menor, aunque significativamente superior al testigo para

G. manihotis (tratamiento 2) y sin diferencia significativa para *G. fasciculatum* (tratamiento 7).

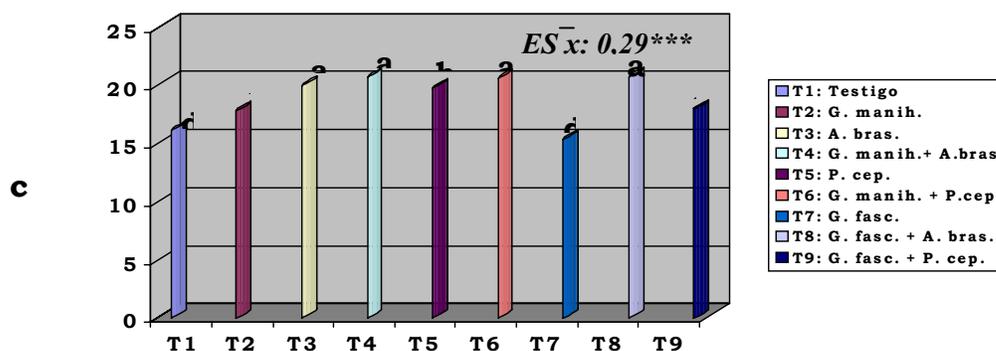


Figura 4: Comportamiento de la altura de las plántulas

Estos resultados coinciden con los señalados por Cuevas (1998), quien al estudiar los efectos de la inoculación con hongos micorrizógenos y bacterias rizosféricas en el cultivo del tomate sobre un suelo Hidromórfico Gley Nodular Ferruginoso, obtuvo que los hongos micorrizógenos en la etapa de plántula provocaron un efecto depresivo en la altura de éstas, no siendo así para los tratamientos donde se aplicaron las rizobacterias, las cuales lograron alturas superiores al testigo sin inocular.

El diámetro del tallo, cuyos resultados se muestran en la Figura 5, presentó el mejor comportamiento en las plántulas del tratamiento 4, las que fueron coinoculadas con *G. manihotis* y *A. brasilense* Sp7. Todos los demás tratamientos presentaron valores significativamente menores.

Lo anterior está en correspondencia tanto con los resultados del análisis de quimioatracción entre estas rizobacterias y los exudados radicales del cultivo del tomate, como con la evaluación de colonización del sistema radical por parte de dichas bacterias en esta etapa (Tabla 6), donde la rizobacteria *A. brasilense* mostró mayor afinidad por el cultivo y también logró una mayor colonización.

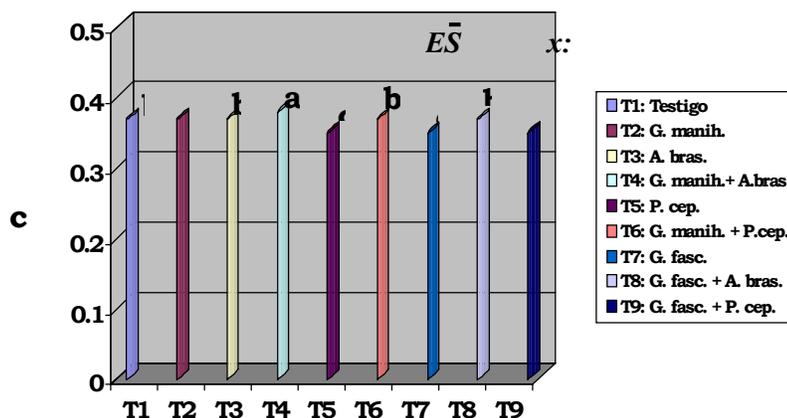


Figura 5: Comportamiento del diámetro del

La Figura 6 presenta los valores correspondientes al número de hojas que alcanzaron las plántulas a los 21 días después de germinadas las semillas, apreciándose que los tratamientos 4, 6 y 8, en los cuales se realizaron inoculaciones mixtas de *A. brasilense* con *G. manihotis* y *G. fasciculatum* y de *P. cepacia* con *G. manihotis*, presentaron los mayores números de hojas, lo que los diferencia significativamente del resto de los tratamientos que tuvieron resultados similares entre sí.

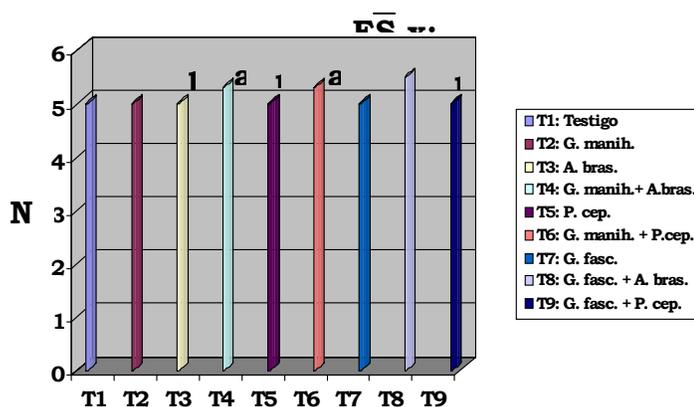


Figura 6: Comportamiento de la emisión

Como se aprecia en la Tabla 7, donde se muestra la acumulación de masa fresca y seca por planta, obtenidas como resultado del crecimiento que alcanzaron las plántulas en esta etapa, se evidencia, de forma general, el efecto positivo que tuvo la inoculación con microorganismos rizosféricos.

Tabla 7. Acumulación de masa fresca y seca por las plántulas.

No. Tratam.	Tratamientos	Masa fresca (g . planta ⁻¹)	Masa seca (g . planta ⁻¹)
1	Testigo	3,37 ef	0,35 cd
2	<i>G. manihotis</i>	3,66 cd	0,37 bc
3	<i>A. brasilense</i>	3,70 c	0,36 bc
4	<i>G. man.</i> + <i>A. bras</i>	3,90 ab	0,38 ab
5	<i>P. cepacia</i>	3,68 cd	0,34 cd
6	<i>G. man.</i> + <i>P. cep.</i>	3,83 bc	0,33 d
7	<i>G. fasciculatum</i>	3,29 f	0,33 d
8	<i>G. fas.</i> + <i>A. bras.</i>	4,02 a	0,40 a
9	<i>G. fas.</i> + <i>P. cep.</i>	3,50 de	0,32 d
	ES x	0,06***	0,01***

Así, en el comportamiento de estas dos variables se refleja, de forma integrada, el efecto favorecedor de la biofertilización sobre los parámetros de crecimiento analizados anteriormente, destacándose los mayores valores obtenidos en los tratamientos 4 y 8 (*G. manihotis* + *A. brasilense* y *G. fasciculatum* + *A. brasilense*, respectivamente), significativamente superiores a los demás, lo que corrobora las ventajas de la coinoculación.

Por otra parte, los bajos valores alcanzados en los tratamientos donde se hicieron inoculaciones simples de hongos M.A. (tratamiento 2 y 7) vienen dados por el hecho de que, en la etapa de plántula, las plantas aún no han recibido los beneficios que reporta la asociación mutualista con dichos hongos, los que todavía se encuentran en la fase de colonización (Siqueira y Franco, 1988).

Los resultados obtenidos en este experimento indican que la aplicación combinada o coinoculación con *Azospirillum brasilense* y *Glomus manihotis* o *Glomus fasciculatum*, tiene un efecto muy superior en la promoción del crecimiento de plántulas de tomate, que la inoculación simple con cualquiera de los microorganismos. Esto es debido a que la asociación entre los mismos favorece, en primer término, su establecimiento y colonización del sistema radical y, posteriormente, benefician simultáneamente a las plantas mediante la absorción incrementada de agua y nutrientes minerales y la producción de fitohormonas que estimulan el crecimiento y desarrollo. En este sentido, los resultados presentados son coincidentes con los reportados por otros investigadores como Barea, Bonis y Olivares (1983), Dhillon (1992) y Boelens et. al. (1993) para diferentes cultivos.

4.3- Experimento 3: Evaluación agronómica de las plántulas de tomate obtenidas por tecnología de cepellones.

4.3.1 Efecto de los tratamientos sobre el crecimiento de las plántulas.

En la Figura 7 se muestran los resultados de la altura de las plántulas en el momento del trasplante, observándose que las correspondientes a los tratamientos 3 y 4, inoculación con *A. brasilense* Sp 7 y *G. manihotis* + *A. brasilense* Sp 7 respectivamente, alcanzaron los valores mayores, no diferenciándose significativamente entre ellos, pero sí de los tratamientos 1 y 2 (testigo sin inocular e inoculación con *G. manihotis*), en los cuales la altura lograda por sus plantas fueron inferiores, sin diferencia significativas entre ellos.

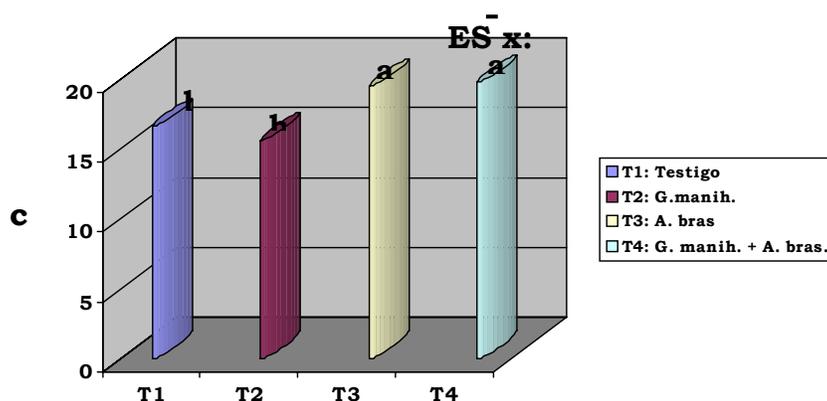


Figura 7: Comportamiento de la altura de las plántulas

Estos resultados corroboran los obtenidos para este parámetro en el experimento 2, confirmándose el efecto beneficioso de la inoculación simple con la rizobacteria, o coinoculada con el hongo M.A. Al respecto, Elein Terry (1998) planteó que la estimulación producida en la altura de las plantas por el uso de bacterias del género *Azospirillum* puede deberse a que entre las hormonas producidas por ellas se encuentran las auxinas, que juegan un importante papel, ya que su efecto fisiológico está relacionado con el alargamiento y la división celular.

En la Figura 8 se presenta el comportamiento del diámetro del tallo bajo la influencia de los tratamientos en estudio, sobresaliendo, por los mayores grosores logrados, los tratamientos 3 y 4 (inoculados con *A. brasilense* y *G. manihotis* + *A. brasilense*), sin observarse diferencias significativas entre ellos y sí con el resto de los tratamientos, que a su vez, no difieren entre sí.

Este resultado es coincidente con el comportamiento mostrado por la altura de las plantas, siendo favorecido a su vez por los mismos factores ya discutidos.

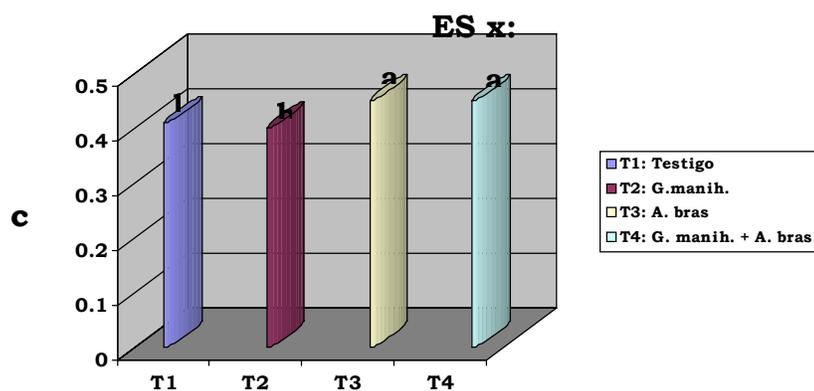


Figura 8: Comportamiento del diámetro del tallo

En relación con la emisión de hojas durante el período de semillero, que se muestra en la Figura 9, se puede observar que los tratamientos no tuvieron diferencias significativas entre sí.

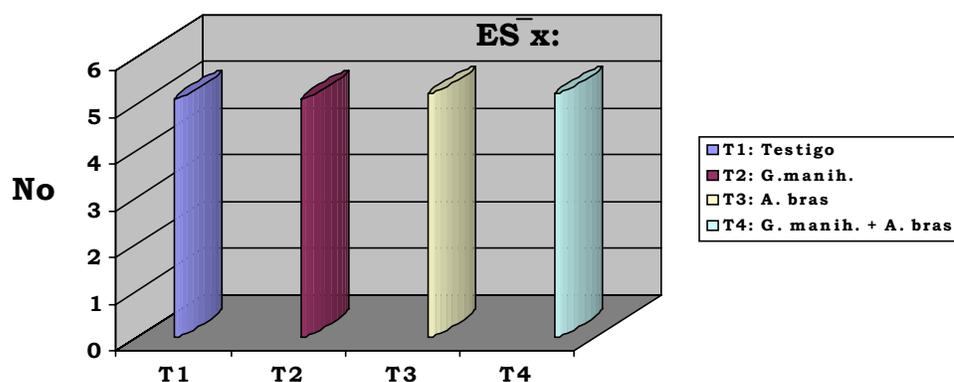


Figura 9: Comportamiento de la emisión de hojas

En la Tabla 8 se presentan los resultados alcanzados en la acumulación de la biomasa fresca y seca por planta. En el primer parámetro se encontró que los tratamientos 3 y 4 (inoculados con *A. brasilense* y *G. manihotis* + *A. brasilense*) lograron la mayor acumulación de masa fresca, no diferenciándose significativamente entre ellos, pero sí

de los tratamientos 1 y 2 (Testigo sin inocular e inoculación con *G. manihotis* respectivamente), que tampoco mostraron diferencias significativas entre ellos.

Respecto a la producción de masa seca, la mayor acumulación correspondió a los tratamientos 1, 3 y 4 (Testigo, *A. brasilense* y *A. brasilense* + *A. manihotis*) que difirieron significativamente del tratamiento 2 (*G. manihotis*).

Tabla 8: Acumulación de masa fresca y masa seca por las plántulas.

No. Tratam.	Tratamientos	Masa fresca (g . planta ⁻¹)	Masa seca (g . planta ⁻¹)
1	Testigo	5,22 b	0,62 a
2	<i>G. manihotis</i>	4,93 b	0,57 b
3	<i>A. brasilense</i> Sp - 7	5,86 a	0,65 a
4	<i>G. manih.</i> + <i>A. bras.</i>	5,91 a	0,67 a
	<i>ES x</i>	0,16***	0,02**

Como ya fue analizado en el experimento 2, esta etapa inicial de desarrollo del cultivo (21 días) resulta muy breve para que las plantas puedan recibir el beneficio esperado de la inoculación simple con el hongo micorrizógeno, por encontrarse éste en la fase de colonización, caracterizada por ser de tipo parasítica, sin ocurrir aún un intercambio de metabolitos con las plantas. Esta fase tiene una duración aproximada de 4 semanas (Barrera, 1995). Por su parte, la inoculación con la rizobacteria, tanto en inoculación simple como mixta con el hongo micorrizógeno, produjo incrementos del crecimiento debido a los efectos beneficiosos que le reporta este microorganismo a la planta desde una etapa temprana del cultivo, por ser la fase de colonización muy rápida.

Resultados similares fueron obtenidos por Cuevas (1998), utilizando diferentes tipos de cepas de hongos arbusculares y rizobacterias en semilleros de tomate; sin embargo, María I. Hernández *et al.* (1997) y Elein Terry (1998) han reportado en esta misma fase, beneficios para las plantas con inoculaciones simples de hongos micorrizógenos.

4.3.2. Efecto de los tratamientos en el rendimiento agrícola.

En la Tabla 9 se presentan los valores de los parámetros número de frutos por plantas y rendimiento agrícola, por tratamientos, para valorar los resultados finales del experimento.

Tabla 9: Comportamiento del número de frutos por planta y los rendimientos agrícolas.

No. Tratamientos	Tratamientos	No. de frutos por planta	Rendimientos t.ha ⁻¹
1	Testigo + (150 - 75 - 100)*	13,30 c	20,22 c
2	<i>G. manihotis</i> + (150- 37- 50)*	15,56 b	22,74 b
3	<i>A. brasilense sp 7</i> + (100 - 75- 100)*	16,59 ab	23,29 b
4	<i>G. manih.</i> + <i>A. bras.</i> + (100 - 37 - 50)*	18,97 a	25,88 a
	ES x	0,78***	0,46***

* kg.ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O

El análisis de estos índices evidencia el efecto positivo de la inoculación con los diferentes microorganismos en relación al tratamiento Testigo (Norma Técnica). Así el número de frutos por planta mostró diferencias significativas entre variantes, resultando el mejor tratamiento el 4 (coinoculación con *G. manihotis* + *A. brasilense*) aunque no se diferenció del tratamiento 3 (inoculación con *A. brasilense*); a su vez, los tratamientos donde se realizó inoculación simple (2 y 3) alcanzaron valores semejantes entre sí, pero superiores a los del testigo.

Los resultados del rendimiento agrícola, demuestran el beneficio que reporta a las plantas la aplicación de biofertilizantes, destacándose la coinoculación, en el tratamiento 4, con *G. manihotis* y *A. brasilense*, el cual produjo el mayor rendimiento, siendo significativamente superior al resto de los tratamientos, a pesar de haber

aplicado solamente el 66% del fertilizante nitrogenado y el 50% del fosfórico y potásico, de las dosis recomendadas en el Instructivo Técnico del cultivo (MINAGRI, 1984).

Los tratamientos 2 y 3 (inoculación simple con *G. manihotis* y *A. brasilense respectivamente*), lograron rendimientos que no difirieron significativamente entre sí, pero superiores al obtenido por el testigo, del cual se diferenciaron significativamente. Estos tratamientos (2 y 3) también dispusieron de menos fertilizantes minerales, utilizando sólo el 50% del fertilizante fosfórico y potásico, y del 66% del nitrogenado, respectivamente, con relación al tratamiento testigo (Norma Técnica).

Teniendo en cuenta que el mejor resultado se obtuvo con la coinoculación de ambos microorganismos y la aplicación de una dosis reducida de fertilizantes minerales, se demuestra que existió una relación sinergista entre el hongo *G. manihotis* y la bacteria *A. brasilense Sp 7*, que benefició la producción de tomate, resultados que concuerdan con Barea, Bonis y Olivares (1983) quienes manifestaron que la interacción sinérgica entre la rizobacteria *Azospirillum* y un hongo micorrizógeno, permitía obtener incrementos significativos en el crecimiento y la nutrición mineral de los cultivos; permitiendo esta doble inoculación reemplazar la aplicación de fertilizantes minerales, al menos parcialmente.

Mediante el empleo de inoculantes simples con reducción de la dosis de fertilización mineral acorde a los microorganismos empleados, también se lograron rendimientos superiores al testigo (fertilización mineral completa), lo que concuerda con los resultados obtenidos por Elein Terry, *et al.* (1994) y Medina y María de los A. Pino (1992).

A pesar de que el hongo *G. manihotis* no tuvo un efecto positivo en la fase de obtención de plántulas, por las razones ya expuestas, su efecto se manifestó plenamente en la etapa de trasplante al campo, al superar al testigo de producción, coincidiendo con lo manifestado por Cuevas (1998).

La utilización conjunta del sustrato que mejores resultados proporcionó a las plantas en el experimento 1 (relación 50:50) y el empleo de los biofertilizantes seleccionados en el experimento 2 (coinoculación con *G. manihotis* y *A. brasilense Sp 7*) permitió obtener, no sólo plántulas de alta calidad en un tiempo más breve, de acuerdo a los parámetros y tiempo establecido según el Instructivo Técnico del cultivo para semilleros (MINAGRI,

1983), sino que, además estas plantas lograron obtener, en condiciones de campo, los mayores rendimientos agrícolas aún con la utilización de una dosis reducida de fertilización mineral.

Debemos señalar que, a partir de los resultados obtenidos, es posible inferir la posibilidad bajo estas condiciones, de disminuir aún más las dosis de fertilización mineral, con el empleo de otros biofertilizantes, ya sea con inoculación simple o coinoculación

4.4- VALORACION ECONOMICA

Los resultados de la valoración económica que se muestran en la tabla 10 reflejan que en los tratamientos donde se utilizaron los biofertilizantes con reducción de la norma de fertilización mineral se obtuvieron mayores beneficios netos que en el tratamiento testigo (Norma Técnica), debido a la disminución en los costos de producción y al incremento de los rendimientos. Merece destacarse el tratamiento donde se realizó la coinoculación, el cual obtuvo el mayor beneficio neto con una relación valor/costo muy superior a los restantes tratamientos, donde se realizó la inoculación de microorganismos individuales y en los cuales los beneficios netos y la relación valor/costo fueron similares.

Los resultados de la valoración económica se corresponden con los resultados agronómicos, corroborándose el efecto beneficioso del uso de la coinoculación (*G. manihotis* + *A. brasilense* sp 7) en el cultivo del tomate, la que posibilita además, poder disponer de mayor cantidad de productos agrícolas y un mayor beneficio monetario el poder contar con una agricultura más sana y ecológica, disminuyendo el consumo de fertilizantes químicos y contribuyendo a preservar el ambiente.

Tabla 10: Valoración económica de los resultados de los tratamientos según FAO 1980.

Parámetros	Testigo	<i>G. manihotis</i>	<i>A. brasilense</i>	<i>G. manih.</i> + <i>A.</i>
------------	---------	---------------------	----------------------	------------------------------

valorados	(150- 75 - 100)	(150- -37 - 50)	<i>sp 7</i> (100 - 75- 100)	<i>bras.</i> (100 - 37 50)
Rendimientos T. ha ⁻¹	20,22	22,74	23,29	25,88
Valor de la producción(\$)	6874,80	7731,60	7918,60	8799,20
Valor del aumento de la producción(\$)	-	856,80	1043,80	1924,40
Costo de fertilizantes y biofertilizantes (\$)	176,80	135,67	145,28	104,15
Beneficio neto (\$)	6690,00	7595,93	7773,32	8695,05
Relación Valor/Costo	-	6,31	7,18	18,47

5 -CONCLUSIONES

De la valoración de los resultados obtenidos en los diferentes experimentos se arribó a las conclusiones siguientes, válidas para las condiciones en que se desarrollaron los estudios:

1. Se corroboró que la tecnología de cepellones permite obtener plántulas de tomate de lata calidad y se obtuvieron en un tiempo menor (21 días) a lo establecido para sistemas tradicionales (28 - 30 días).
2. Se determinó que la litonita y la cachaza resultan materiales adecuados para producir sustratos de alta calidad para el cultivo del tomate en cepellones, al obtenerse los mejores resultados cuando se combinaron ambas que cuando se utilizaron de forma independientes; resultando la mejor combinación la relación volumétrica (50:50).
3. Se pudo conocer que no es posible evaluar el efecto beneficioso de los hongos M.A en el período de obtención de plántulas de tomate (21 días) por ser un período breve, no siendo así para las RPCV a las que les resulta suficiente para manifestar su efectividad.
4. Se corroboró que en la coinoculación entre un hongo M.A y una RPCV se produce un efecto sinergista que permite incrementar los valores de los parámetros de colonización radical para ambos microorganismos.
5. La inoculación de las cepas *G Manihotis* y *A. brasilense sp 7* resultaron eficientes para el cultivo del tomate al resultar las más promisorias en la fase de plántulas y posteriormente provocar en la fase de campo aumento de los rendimientos a pesar de disponer de una menor dosis de fertilización mineral. Resultando la mejor variable cuando se emplearon en forma combinada (coinoculación)
6. La utilización de estos biofertilizantes de forma combinada permitió obtener beneficios netos elevados y una alta relación valor/costo, teniendo en cuenta el aumento de los rendimientos y la disminución de los costos de producción, a través de la reducción de la dosis de fertilización mineral, produciendo además beneficios ecológicos al entorno.

6 - RECOMENDACIONES

1. Para la obtención de plántulas de tomate de óptima calidad, utilizar la tecnología de cepellones con el sustrato compuesto por litonita-cachaza en una relación (50:50) realizando la coinoculación (*G. manihotis* + *A. brasilense sp 7*) en el momento de la siembra.
2. Cuando se establezca la producción de plántulas con la tecnología anterior puede realizarse el trasplante entre los 21 y 24 días y no esperar de 28 a 30 días como establece el Instructivo Técnico del cultivo.(MINAGRI,1983)
3. Para plántulas obtenidas según la tecnología recomendada, cuando se realice la labor de fertilización mineral en el trasplante, esta se podrá hacer a razón de una dosis 100-37-50 Kg. . ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O en lugar de 150-75-100 Kg. . ha⁻¹ de dichos nutrientes recomendada para estos suelos..
4. Continuar realizando estudios para determinar la dosis óptima de fertilización mineral para plantas de tomate biofertilizadas en la fase de semillero.
5. Introducir en la producción los resultados obtenidos en esta Tesis.

7 – REFERENCIAS

- Abad, M. / *et al.* /. Evaluación agronómica de los sustratos de cultivos. Actas de Horticultura (11): 141 - 154, 1993.
- Abad, M. Los sustratos hortícolas: Características y manejo. En: Congreso Nacional de Fertirrigación (2: 1992: Almería). Actas. España, 1992. p. 1-15.
- Abad, M. Sustratos para el cultivo sin suelo. En: El cultivo del tomate. Madrid: Mundi-Prensa, 1995. p. 131-166.
- Abbott, L. K. y C. Gazey. An Ecological view of the formation of V.A. Mycorrhizas. Plant and Soil 159: 69 - 78, 1994.
- Academia de Ciencias de Cuba. Clasificación Genética de los suelos de Cuba. La Habana. 1989.
- Al Nahidh, S. y A.H. Gomah. Response of wheat to dual inoculation with V. A. Mycorrhiza and *azospirillum*, fertilized with NPK and irrigated with sewage effluent. Arid Soil Res Rehabil 5: 83 - 96, 1991.
- Alvarez, Marta. , Georgina de Armas y B. Martínez . Amalia y Mariela, dos nuevas variedades de tomate para consumo fresco. Cultivos Tropicales 18 (1) : 83, 1997.
- Allen, E.B. / *et al.* /. Patterns and regulation of mycorrhizal plant and fungal diversity. Plant and Soil 170: 47-62, 1995.
- Azcón-Aguilar, Concepción. Interacciones de las Micorrizas Arbusculares con microorganismos de la rizosfera/ Concepción Azcón - Aguilar, J.M. Barea. En: Micorrizas: Recurso Biológico del suelo. Bogotá: Fondo FEN, 1996. p. 47-68.
- Bagyaraj, D.J. Biological interactions with v.a. micorrhizal fungi. En: V.A. Micorrhiza, FI: CRC Press Bocarraton, 1984. p. 131-153.
- Ballester-Olmos, J. Sustratos para el cultivo de plantas ornamentales. Hojas Divulgadoras (11), 1992.
- Barea J. M. , A. F. de Bonis y J. Olivares. Interactions between *Azospirillum* and V.A. Mycorrhiza and Their effects on growth and nutrition of maize and raigrass. Soil Biology and Biochemistry 15: 705 - 709, 1983.

- Barea, J. M., R. Azcón y C. Azcón. Vesiculo- arbuscular Micorrhizal fungi in nitrogen-fixing system. Methods in microbiology 24: 391-412, 1992.
- Barrera, J.L. Dinámica del funcionamiento micorrízico / J.L. Barrera, 1995. 17 p.
- Bashan, Y. Alternativa agrícola regional por fertilizantes bacterianos/ Y. Bashan, Gina Holguin, M.E. Puente. En: Uso y Manejo de los recursos naturales en la Sierra de la Laguna Baja California Sur. Centro de Investigaciones Biológicas de Baja California Sur, 1992. p. 47-67.
- Bashan, Y. y Gina Holguin. Inter-root movement. of *Azospirillum brasilense* and subsequent root colonization of crop and weed seedlings growing in soil. Microb. Ecology 29: 269-281, 1995.
- Bashan, Y. y H. Levanony. Current status of *azospirillum* inoculation technology: *Azospirillum* as a challenge for agriculture. Canadian Journal of Microbiology 36: 591-608, 1990.
- Bashan, Y. y H. Levanony. Migration, colonization and adsorption of *Azospirillum brasilense* to wheat roots. En: Lectins - Biology, Biochemistry, Clinical Biochemistry. Edited by T. C. Bog- Hansen, D. L. J. Freed. 1988b, p. 69 - 84.
- Bashan, Y., Gina Holguin y R. Ferrera-Cerrato. Interacciones entre plantas y microorganismos benéficos. I. *Azospirillum*. Terra 14(2): 159-195, 1996.
- Biasi, L. A. / *et al.* /. Efeito de mistura de turfa e bagaço de cana sobre a produção de mudas de maracuja e tomate. Scientia Agricola 52 (2): 239-243, 1995.
- Boelens, J. / *et al.* / The use of bioluminiscense as a reporter to study the adherence of the plant growth. Promoting *rhizopseudomonas* 7 NSK₂ and ANP₁₅ to canola root. CAN Journal Microbiology 39: 329-334, 1993.
- Bowen, J.E. y B.A. Kratky. Rendimiento superiores trasplantando cepellones. Hortalizas 63, 1981.
- Bruns, T.D. Thoughts on the processes that maintain local species diversity of ectomycorrhizal fungi. Plant and soil 170: 63-73, 1995.
- Bulassi, J. Selección de variedades de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) para su uso como progenitores en instalaciones organopónicas/J. Bulassi; Dr C. Carlos Moya, tutor. Trabajo de Diploma; ISCAH, 1994.

- Bunt, A.C. Media and Mixes for container- grown Plant. 2^{da} ed. London: Unwin Hyman LTD, 1988.
- Bürkert, B. y A. Robson. Zn uptake in subterranean clover (*trifolium subterraneum* L.) by three vesicular - arbuscular mycorrhizal fungi in a root - free sandy soil. Soil Biology biochemistry 26: 1117-1124, 1992.
- Cabrera, J. Efecto de tres especies de hongos MVA sobre el crecimiento y desarrollo de posturas de mandarina Cleopatra en viveros de Contramaestre/ J. Cabrera, R. Prada. En: Seminario Científico (10: 1996: La Habana). Programa y Resúmenes. La Habana: INCA, 1996. p. 77.
- Cánovas, F. Principios Básicos de la hidroponía. Aspectos comunes y diferenciales de los cultivos con y sin suelo. En: Curso superior de especialización sobre cultivos sin suelos. Armería: I.E.A.- F.I.A.P.A, 1993. p. 29-42.
- Casanova, A. Guía técnica para la producción de posturas de hortalizas en cepellones. La Habana: I.I.H.L.D., 1999. 10 p.
- Casanova, A., Olimpia Gómez y T. Depestre. Evaluación del efecto de motas prensadas en el trasplante del tomate. Agrotecnia de Cuba 23 (1-2): 5-8, 1991.
- Castilla, N. y E. Fereres. Tomato growth and yield in unheated plastic greenhouse under Mediterranean climate. Agricultura Mediterranea 120 (1): 31-40, 1990 a.
- Clapperton, M., H. Jansen. y A. Johnston. Suppression of VAM fungi and micronutrient uptake by low - level P. fertilization in long - term wheat rotations. American Journal of Alternative Agriculture 12 (2): 59-63, 1997.
- Colozzi-Filho, A. / *et al.* /. Efectividade de diferentes hongos micorrízicos arbusculares na formação de mudas, crescimento pos-transplante e produção do cafeeiro. Pesquisa Agropecuaria Brasileira 29: 1397-1406, 1994.
- Completamiento de la nutrición mineral del tomate mediante el uso de biofertilizantes/ María I. Hernández, / *et al.* /. En: Evento " Producción de cultivos en condiciones tropicales" (1997: La Habana). Resúmenes. La Habana: IIHLD, 1997. p.47.
- Cooper, K.M. Physiology of V.A. Mycorrhizal associations. En: V.A. Micorrhiza, Florida: CRC Press, 1984. p. 155-203.
- Costa, N. Efeito de Micorrizas Vesículo-Arbusculares sobre o crescimento e a absorção de fósforo de gramíneas e leguminosas forrageiras tropicais/ N. Costa, V.T.

- Paulino. En: Reunión de la Red Internacional de evaluación de pastos tropicales (1990: Lima). Memorias. Cali: CIAT, 1990. p. 773-775.
- Cuevas, F. / *et al.* /. Establecimiento del *Azospirillum brasilense* en condiciones de suelos salinos dedicados al cultivo del arroz. Cultivos Tropicales 16 (1): 5-7, 1995.
- Cuevas, F. Evaluación agronómica de la nutrición mineral con NPK y la aplicación de biopreparados en el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en un suelo Hidromórfico Gley Nodular Ferruginoso/F. Cuevas; Dr. C. Nicolás Medina, tutor. Tesis de Maestría; INCA, 1998. 76 h.
- Chamarro, J. Anatomía y Fisiología de la planta. En: El cultivo del tomate. Madrid: Mundi-Prensa, 1995. p. 43-92.
- Chen, Y. Soil organic matter interaction with trace elements/ Y. Chen, F.J. Stevenson. En: The role of organic matter in modern agriculture. London: Dordrecht. S.L., 1986. p. 73-116.
- Defreitas, J.R. y J.J. Germida. Growth Promotion of winter wheat by *fluorescent Pseudomonas* under field condition. Soil Biology Biochemistry 24: 1137-1146, 1992.
- Dehne, H.W. Influence of soil, cultivation and host plant genotype on the occurrence of VAM fungi in different crops. En: European Symposium on Mycorrhizae (2: 1998: Prague). Abstracts. Prague: Institute of Landscape Ecologi, 1998. p. 25-26.
- Del Gallo, M. The rhizosphere and *Azospirillum* / M. Del Gallo, I. Fendrik En: *Azospirillum: Plant Associations*. Fl: CRC Press, 1994. p. 57-75.
- Dibut, B. / *et al.* /. Respuesta del trigo (*Triticum durum* D.) cultivado sobre suelo ferralítico rojo a la biofertilización con azotoryza en condiciones experimentales y de producción. Cultivos Tropicales 17 (2): 9-13, 1996.
- Diederichs, C y A.M. Moawad. The potential of V.A. Mycorrhizae for plant nutrition in the tropics. Angew Botanik 67: 91-96, 1993.
- Diederichs, C. Influence of different P. sources on the efficiency of several tropical endomycorrhizal fungi in promoting the growth of *Zea Mays* L. Fertilizer Research 30: 39-46, 1991.
- Diez, María J. Tipos varietales. En: El cultivo del tomate.. Madrid: Mundi-Prensa, 1995. p. 93-129.

- Dillion, S. S. Dual inoculation of pretransplant stage *Oryza sativa* L. Plants with indigenous vesicular - arbuscular Mycorrhizal fungi and *fluorescent Pseudomona* sp. Biology and Fertility of soils 13 : 147 - 151, 1992.
- Dodd, J. Prefacio. En: Micorrizas: Recursos biológicos del suelo, fondo FEN. Colombia: Bogotá, 1996. p. 1-4.
- Dominí, María E. Nueva estructura varietal de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) para diferentes épocas de siembra/María E. Dominí; Dr. C. Carlos Moya, tutor. Tesis de Maestría; ISCAH, 1996. 76 h.
- Efecto de la aplicación de fuentes y dosis de fertilización fosfórica en presencia o no de Micorrizas Arbusculares sobre el desarrollo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en época no óptima/ Desiree Llonín / *et al.* / En: Seminario Científico (11: 1998: La Habana). Programa y Resúmenes. La Habana: INCA, 1998. p.190.
- Escudero, J. Cultivo hidropónico del tomate. En: Curso superior de especialización sobre cultivos sin suelos. Armería: I.E.A.- F.I.A.P.A, 1993. p. 263-297.
- Escurra, Lilia. y C. Pérez. El mineral del siglo: Sus usos agropecuarios. Ciudad Habana: CIDA, 1989.
- Esquina-Alcázar, J.A. Situación taxonómica, domesticación y difusión del tomate /J.A. Esquina-Alcázar, F. Nuez. En: El cultivo del tomate. Madrid: Mundi-Prensa, 1995. p. 14-42.
- Estrada, J. y M. Sanchez. Dependencia del café (*Coffea arábica* L.) var. Colombia por la Micorriza Vesiculo-Arbuscular. Acta Agronómica 45: 85-88,1995.
- Evaluación de la efectividad de Endomicorrizas arbusculares nativas en la región Bayamo en el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) / A. Alarcón / *et al.* / En: Seminario Científico (11: 1998: La Habana). Programa y Resúmenes. La Habana: INCA, 1998. p. 191
- Fallik, E. Morphology and physiology of plant roots associated with *azospirillum* / E. Fallik, S. Sarij, Y.Okon. En: *Azospirillum*: Plant roots Associations. Fl: CRC Press. 1994. p. 77-84.
- FAO. Anuario de producción. Roma: 44, 1993.
- FAO. Los fertilizantes y su empleo. Guía de bolsillo para los extensionistas. Tercera edición. Roma, 1980. 54 p.

- FAO. Soilless culture for horticultural crop production. FAO. Plant Production and Protection. Roma: FAO, 1990.
- Fernández, Ana I. *Azospirillum lipoferum* y *Azospirillum brasilense*. Sus relaciones con maíz y caña de azúcar/Ana I. Fernández; Dr C. Mario Villaverde, tutor. Tesis de Maestría; UH (Facultad de Biología), 1995. 71 h.
- Fernández, F. / *et al.*. The effect of commercial arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) inoculants on rice (*oryza sativa*) in different types of soils. Cultivos Tropicales 18 (1): 5-9, 1997.
- Fernández, F. Efecto de inóculos comerciales de hongos micorrizógenos arbusculares en el cultivo del arroz (*Oryza sativa*) en distintos tipos de suelos. Cultivos Tropicales 18 (1): 5-9, 1997.
- Fernández, F. Estudio básico de la tecnología de recubrimiento de semillas con inoculante micorrizógeno/F. Fernández, Emma L. Rodríguez. En: Seminario Científico (10: 1996: La Habana). Programa y Resúmenes. La Habana: INCA, 1996. p. 79.
- Fernández, F. Uso, manejo y comercialización de los hongos micorrizógenos V.A. En: Curso de postgrado. La Habana: INCA, 1996.
- Fernández, J. Influencia de la edad de la plántula y del tamaño del contenedor en la producción de coliflor. Agrícola Verge! XVI (184): 233-241, 1997.
- Fredeen, A.L. / *et al.* /. Influence of phosphorus nutrition on growth and carbon partitioning in glycine max. Plant Physiology 89: 225-230, 1989.
- Gabriels, R. y O. Verdonck. Physical and Chemical Characterization of Plant Substrates: Towards a European standardization. Acta Horticulturae 294: 259-271, 1991.
- Gianinazzi-Pearson, V. y S. Gianinazzi. Cellular and Genetics aspects of interaction between host and fungal symbionts in Mycorrhizae. Genome 31: 336-341, 1989.
- Gómez Olimpia. Mejoramiento genético de hortalizas en condiciones tropicales/Olimpia Gómez, T. Depestre. En: Producción, poscosecha, procesamiento y comercialización de ajo, cebolla y tomate. 1992. p. 43-61.
- González, A.R. / *et al.*. Efecto de diferentes cepas de *azotobacter* en el crecimiento y desarrollo de vitroplantas de piña durante la fase de adaptación. Cultivos Tropicales 15 (3): 66-669, 1994.

- González, María C. INCA 9- 1 Nueva variedad de tomate para diferentes épocas de siembra. Cultivos Tropicales 18 (1) : 82, 1997.
- Habte, M. y M.N. Byappanahalli. Dependency of cassava (*Manihot esculenta crantz*) on Vesicular-Arbuscular Micorrhizal fungi. Micorrhiza 4: 241-246, 1994.
- Hadas, R. y Y. Okon. Effect of *Azospirillum brasilense* inoculation on root morphology and respiration in tomato seedling. Biology fertility soils 5: 241-247, 1987.
- Handreck, K.A. Growing media for ornamental plants and turf/ K.A. Handreck, N.D. Black. Kensington: New South Wales University Press, 1991.
- Harari, A., J. Kigel y Y. Okon. Involvement of IAA. In interaction between *azospirillum brasilense* and *Panicum Miliaceum* roots. Plant and Soil 110: 275-282, 1988.
- Hernández, Ana N. Selección de rizobacterias para la biofertilización en el cultivo del maíz./Ana N. Hernández; Dr C. Mayra Heydrich, tutor. Tesis de Maestría; UH (Facultad de Biología), 1996. 60 h.
- Hernández, Ana N., A. Hernández y Mayra Heydrich. Selección de rizobacterias asociadas al cultivo del maíz. Cultivos Tropicales 16(3):5-8, 1995.
- Hernández, Ana N; Annia Hernández y Mayra Hedrich. Estudio fisiológico-bioquímico con cepas de rizobacterias para la biofertilización en el cultivo de maíz. Cultivos Tropicales 19 (1): 5-8, 1998.
- Hernández, Annia, Ana N. Hernández y M. Calzadilla. Identificación de cepas de *Azospirillum sp.* aislada de la rizosfera del maíz. Cultivos Tropicales 18 (1), 5 - 7, 1997.
- Hernández, Annia. Uso de biopreparados a base de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal. En: Curso de Uso y manejo de biofertilizantes. La Habana: INCA, 1998.
- Hernández, M. Síntesis de ácido indolacético a partir de fuente microbiana/M. Hernández. Trabajo de Diploma; UH (Facultad de Biología), 1994. 50 h.
- Hernández, Marta., Madeline Pereira y M. Tong. Utilización de los microorganismos biofertilizantes en los cultivos tropicales. Pastos y Forrajes 17:183, 1994.
- Hernández, Teresa., G.S. Díaz y Ana Velazco. Comportamiento de dos variedades de arroz (*Oryza sativa. L*) frente a la inoculación con *Azospirillum brasilense* como biofertilizante. Cultivos Tropicales 17 (1): 10-12, 1996.

- Ho, I. Interaction between V.A. Micorrhizal fungus and *azotobacter* and their combined effect on growth of tall fescue. Plant and Soil 105: 291-293, 1988.
- Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. Precio de los biofertilizantes. Listado oficial. INCA.1999.
- Jiménez, R. El cultivo industrial de plantas en macetas. / Rafael Jiménez y Manuel Caballero. Ed. Horticultura. España, 1990. 664 p.
- Juárez, M. Fósforo en agricultura/ M. Juárez, J. Sánchez. Murcia: Compobell. S.L., 1996. 135 p.
- Klopper, J.W. y M.N. Schroth. Plant Growth-Promoting rhizobacteria on radishes. En: Proceeding of the fourth International Conference on Plant Pathogenic Bacteria. Angers: INRA, 1978. p. 879-882.
- La inoculación mixta (*M.A-Pseudomonas Cepacea*), una alternativa económica para la producción sostenible del maíz/ M.A. Martínez / *et al.* / . En: Seminario Científico (10: 1996: La Habana). Programa y Resúmenes. La Habana: INCA, 1996. p. 77.
- Labrador, Juana / *et al.* / . La materia orgánica en los sistemas agrícolas. Manejo y utilización. Hojas Divulgadoras (3), 1993.
- Letacon, L. Faune et flore do sol les organismes symbiotiques faune et flores auxiliaires en agriculture/L. Letacon, M. Obaton. Paris: ACTA, 1983. p. 113-119.
- Linderman, R.J. Vesicular-Arbuscular Micorrhizae and soil microbial interactions. En: Micorrhizae in sustainable agriculture. Madison: ASA 54, 45-70, 1992.
- Maestrey, Albina. Fertilización del tomate cultivado en primavera / Albina Maestrey . Tesis de grado (Dr. Ciencias Agrícolas); 1986.
- Maroto, J.V. Horticultura Herbacea especial, Madrid. Mundi Prensa. 1989.p 335 - 371.
- Marschner, H. y B. Dell. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. Plant and Soil 159: 89-102, 1994.
- Martínez, E. Cultivos sin suelos: Hortalizas en clima Mediterraneo /E. Martínez, M. García. S. L. Reus, 1993.
- Martínez, R. Los biofertilizantes como pilares básicos para atender la Agricultura Sostenible/ R. Martínez, B. Dibut. En: Curso-Taller "Gestión Medio Ambiental de Desarrollo rural". INIFAT, 1996. p. 63–81.

- Martínez, R.V. Resultados obtenidos en condiciones de producción mediante la aplicación de un método biotecnológico que permite incrementar el desarrollo y el rendimiento en los cultivares de tomate y cebolla sobre suelos Ferralíticos Rojos. La Habana: INIFAT, 1990.
- Medina, N. Evaluación de diferentes especies de bacterias y hongos MVA y sus combinaciones como biofertilizantes para el tomate cultivado fuera de época/ N. Medina, María de los A. Pino. En: Seminario Científico (8: 1992: La Habana).Programa y resúmenes. La Habana: INCA, 1992. p. 38.
- Medina, N. La biofertilización como alternativa nutricional mineral del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) En: Reunión Latinoamericana de Rizobiología. (7: 1994: La Habana). Programa y Resúmenes. La Habana, 1994.
- Menezes dos Santos, R. J. Producción de tomate en América Latina y el Caribe. Centro Nacional de Pesquisas en Hortalizas. Brasil. 1992.
- Meyer, J. R. y R. J. Linderman. Response of subterranean clover to dual inoculation with vesicular - arbuscular Mycorrhizal fungi and a plant growth promoting rhizobacterium *Pseudomonas putida*. Soil Biol. Biochem 18, 185 - 190. 1986.
- MINAGRI. Datos sobre la producción nacional de tomate en 1995. Centro de Cálculo. 1996.
- MINAGRI. Instructivo Técnico del cultivo de los semilleros. La Habana. 1983. 47 p.
- MINAGRI. Instructivo Técnico del cultivo del tomate.La Habana. 1984.
- MINAGRI. Resumen del dictamen de las comisiones de trabajo que revisara la tecnología de los cultivos de viandas y hortalizas en la Habana. La Habana: MINAGRI, 1991. 41 p.
- Morfología, Anatomía y Citología de los MVA. Fijación Biológica de nutrientes./ J.M. Barea / et al./ Madrid: CSIC, 1991.
- Normann, Atelene. Substratos hortícolas: Turfa a casca de arroz. Lavoura Arrozeira 46 (409): 12-13, 1993.
- Novella, R. La biofertilización con hongos micorrizógenos como fuente de nitrógeno para la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill)/R. Novella, N. Medina. En: Seminario Científico (11: 1998: La Habana). Programa y Resúmenes. La Habana: INCA, 1998. p. 190.

- Nuez, F. El cultivo del tomate . Madrid: Mundi-Prensa, 1995. 793 p.
- Okon, Y. y C.A. Labandera-González. Agronomic applications of *azospirillum*: an evaluation of 20 years worldwide field inoculation. Soil Biol. Biochem 26: 1591-1601, 1994.
- Oliveira, R., W.B. Scivittaro. y L.A. Vasconcellos. Avaliação de mudas de maracujaceiro em função do substrato e do tipo de bandeja. Scientia Agricola 50 (2): 261-266. 1993.
- Ortiz, R., C. de la Fe y D. Lara. Aportes a la tecnología de micropropagación de la caña de azúcar aplicada en Cuba. II-Uso de Biofertilizantes y manejo de las vitroplantas en la fase de adaptación. Cultivos Tropicales 19 (3) : 49 - 54, 1998.
- Ortiz, R., C. de la Fé y D. Lara. Aportes a la tecnología de micropropagación de la caña de azúcar aplicada en Cuba. I- Sustrato más eficiente para la adaptación de vitroplantas. Cultivos Tropicales 19 (2): 45-49, 1998.
- Paneque, V.M. "Abonos Orgánicos". Conceptos prácticos para su evaluación y aplicación/V.M. Panaque, M. Bertolí. La Habana: INCA, 1998. 34 p.
- Pastor, J. Agroquímica General. La Habana: MINED, 1977. 126 p.
- Pazos, Mabel. Uso de bifertilizantes a base de rizobacterias. En: Curso de uso y manejo de bifertilizantes. La Habana: INCA, 1998.
- Phyllip, D. M. Y D. S. Hayman. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular - arbuscular Mycorrhizal fungi for rapid assessment for infection. Trans. British Micol. Soc 55, 158 - 161. 1970.
- Planes para mejorar el sorgo respecto al uso eficiente del fósforo/N. Seetharama, / *et al.* . En: Sorgo para suelos ácidos, Cali: CIAT, 1990. p. 239-261.
- Plenchette, C.H. Les endomycorhiziens a vesicules et arbuscules (V.A.): Un potentiel a exploiter en agriculture. Phytoprotection 63, 86-108, 1982.
- Plonquet; D. Fenología de ocho cultivares de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en época óptima de siembra./ D. Plonquet ; Gladys Verde, tutora. Trabajo de diploma; ISCAH, 1997. 48 h.
- Possible synergistic interactions between endogone and phosphate solubilizing bacteria in low- phosphate soils/ J.M. Barea / *et al.* / . En: Endomycorhizas. London: Academic Press, 1975. p. 409-417.

- Pozzon, G. / *et al.* / Biofertilización del trigo por inoculación con cepas nativas de *azospirillum brasilense*. Investigación Agraria: Serie Producción y protección de vegetales 8 (1), 1993.
- Protected cultivation in the Mediterranean climate. Plant production and protection/ A. Nisen / *et al.* / Roma: FAO, 1990.
- Pulido, L. Uso de biofertilizantes en la producción de posturas de tomate/L. Pulido, H. Peralta. En: Seminario Científico (10: 1996: La Habana). Programa y Resúmenes. La Habana: INCA, 1996. p. 87.
- Puustjärvi, V. Nature of changes in peat properties during decomposition. Peat and Plant yearbook. Helsinki, 1983.
- Raviv, M. Peat and Peat substitutes as growth media for container-grown plants/M. Raviv, Y. Chen, Y. Inbar. En: The role of organic matter in modern Agriculture. London: Dordrecht S.L., 1986. p. 257-287.
- Reis, C.H., A.R. Figueira y E. Oliveira. Tratamiento térmico, fungicida e de Micorrizas Vesiculo Arbusculares no desenvolvimento de mudas de cana de açúcar (*saccharum spp.*). Fitopatol. Bras. 19: 495-498, 1994.
- Rivera, R. Conferencia impartida en el curso sobre uso y manejo de biofertilizantes. Maestrías sobre nutrición de las plantas y biofertilizantes. INCA. La Habana. 1998.
- Rodríguez, A. Manejo del cultivo extensivo para industria. En: El cultivo del tomate. Madrid: Mundi-Prensa, 1995. p. 255-309.
- Ruiz, Josefa. / *et al.* / Estudio de dosis de fertilizantes Ecomic en el recubrimiento de semillas de tomate, maíz y soya. Cultivos Tropicales 18(1): 13-15, 1997.
- Sarria, María. Respuesta de diferentes especies hortícolas a la inoculación con fosforina en suelos con contenidos variables de fósforo asimilable/María Sarria, A. Martínez, Nuvia Grimón. En: Jornada Científica y Taller Nacional sobre desertificación (6,2: 1996: La Habana). La Habana: Instituto de Suelos, 1996. p. 160.
- Secilia, J. y D.J. Bagyaraj. Evaluation and first-year field testing of efficient Vesicular Arbuscular Micorrhizal fungi for inoculatio of wetland rice seedling. World Journal Microbiol. Biotechnol 10: 381-384, 1994.
- Serrano, Z. Técnicas de invernadero. España: Sevilla, 1990. p. 644.

- Sieverding, E. Vesicular Arbuscular Mycorrhiza in tropical agrosistem. Federal Republic of Germany: Deutsche Gesellschaft fur Techniische Zusammenarbeit (GTZ) GMBH, 1991. 371 p.
- Sinh, H.P. y T.A. Sinh. The interaction of rock phosphate, Bradyrhizobium, vesiculo-arbuscular Mycorrhizae and phosphate solubilizing microbes on soybean grown in a sub-Himalayan Mollisol. Micorrhiza 4: 37-43, 1993.
- Siqueira, J.O. Biotecnologia do solo. Fundamentos y Perspectivas/J.O. Siqueira, A.A. Franco. Brasilia D.F.: MEC-ESAL-ABEAS, 1988. 235 p.
- Smith, S.E. / *et al.*. Nutrient transport in mycorrhizas: structure, phisyology and consuquences for efficiency of the symbiosis. Plant and Soil 159: 103-113, 1994.
- Souza, F. Casca de arroz carbonizada: un substrato para a propagação de plantas. Lavoura Arrozeira 46 (406). 11, 1993.
- Stevens, M.A. Genetic and Breeding/M.A. Stevens, C.M. Rick. En: The Tomato crop. London-New York: Chapman and Hall. 1986.
- Tarafdar, J.C. y H. Marschner. Phosphatase activiti in the rhizosphere and hyphosphere of V.A. Mycorrhizal wheat supplied with inorganic and organic phosphorus. Soil Biology Biochemistry 26 (3): 387-395, 1994.
- Tecnología de producción de posturas de hortalizas en cepellones/ A. Casanova, / *et al.*. En: Evento "Producción de cultivo en condiciones tropicales " (1997: La Habana). Resúmenes. La Habana: IIHLD, 1997. p. 7.
- Tecnología para peletizar semillas con biofertilizantes. Una nueva opción para sustituir o reducir los insumos químicos para lograr una agricultura más ecológica y Sostenible/ R. Gómez / *et al.* En: Encuentro Nacional de Agricultura Orgánica (2: 1994: La Habana). La Habana, 1994. p. 55.
- Teran, Z., G. Grass y R. Plana. Sustratos más eficientes con zeolita para la adaptación de vitroplantas de caña de azúcar. Cultivos Tropicales 17 (3): 47-52, 1996.
- Terry, Elein. Efectividad agronómica de biofertilizantes en el cultivo del tomate/Elein Terry; Dr C. Nicolás Medina, tutor. Tesis de Maestría. ISCAH, 1998.
- Terry, Elein., María de los A. Pino y N. Medina. Efectividad agronómica de Azofert y Ecomic en el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). Cultivos Tropicales 19 (3): 33-38, 1998.

- Uso de biofertilizantes y bioestimuladores en el cultivo del tomate en época temprana./ Terry, Elein / *et al.*. En: Seminario Científico (9: 1994: La Habana) Programa y Resúmenes. La Habana: INCA, 1994. p.65.
- Uso de la fosforina en plantaciones de tomate sobre suelo Pardo Grisáceo del Escambray/ J. Almaguer /*et al.*. En: Jornada Científica y Taller Nacional sobre desertificación (6,2: 1996: La Habana). La Habana: Instituto de Suelos, 1996. p.139.
- Vande Broek, A. / *et al.*. Spatial-Temporal colonization patterns of *azospirillum brasilense* on wheat root surface and expression of bacterial NifH during the association. Mol. Plant-Microb. Interaction 6: 592-600, 1993.
- Velazco, Ana y F. Fernández. Viabilidad y efectividad de tres cepas de *Azospirillum sp.* en diferentes tipos de inoculantes. Cultivos Tropicales 13 (1): 9-14, 1992.
- Verde, Gladys y Marta Alvarez. Fenología en el cultivar C - 28 y la forma silvestre Nagcarlan en siembras fuera de épocas. BNC. IDIT. La Habana. 1994.
- Villareal, R.L. Tomato production in the tropics problems and progress. En: International Symposium on Tropical (1: 1978 oct.). AVRDC, 1978.
- Viser, S. A. Effects of humic substances on plant growth. En: Humic Substances, effects on soil and plants. Roma: REDAC, 1986. p. 89-135.
- Volpin, H. Interaction of *azospirillum* with beneficial soil microorganisms/H. Volpin, Y. Kapulnik. En: *Azospirillum*: plant root associations. Fl.: CRC Press, 1994. p. 111-118.
- Wilson, A. Efecto estimulador de rizobacterias sobre semillas y plántulas de tomate var/A Wilson. Trabajo de Diploma; ISCAH, 1996.
- Wood, T. Biotechnology and the future of VAM commercialization/T. Wood, B. Cummings. En: Micorrhizal functioning-and integrative plant-fungal process. New York: Chapman and Hall, 1992. p. 468-487.