

Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas
MES

Cultivo Protegido:
una alternativa para la nutrición de tomate y
pepino en suelos Ferralíticos Rojos

Tesis presentada en opción al Título Académico de
Máster en Nutrición de las Plantas y Biofertilizantes

Autor
Ing. Alfredo Lino Brito

Tutor
Dr. C. Noel J. Arozarena Daza

La Habana
2005

RESUMEN

Con el objetivo de proponer un esquema alternativo de manejo nutrimental para la producción de tomate y pepino en condiciones de cultivo protegido, que incluya prácticas de bajo impacto ambiental se trabajó –en áreas del INIFAT– en tres direcciones: a) la caracterización del efecto de la aplicación continuada de agroquímicos al suelo; b) la evaluación de la respuesta vegetal a la fertilización organo mineral y a alternativas de carácter agroecológico y c) la validación del empleo de fertilizantes de liberación lenta en el manejo nutrimental. Se precisó que la aplicación de fertilizantes según las normas vigentes puede impactar negativamente sobre la calidad agrícola del suelo y que la conductividad eléctrica y los resultados del análisis de fósforo asimilable, potasio intercambiable, materia orgánica y microorganismos totales son propiedades del suelo que cuantifican la magnitud de esos impactos. Se validó que la aplicación de 7.5 kg./m² de estiércol vacuno junto al 75 % de las dosis de fertilizantes minerales en uso satisfacen la demanda nutrimental de ambas especies vegetales, con independencia de la época de siembra; esa respuesta se favorece con la aplicación de microorganismos biofertilizadores (*A.chroococcum*; *B. megatherium* var. *phosphaticum* y *Glomus* sp) y bioestimulante foliar FitoMas. También se demostró que es técnicamente viable, el empleo de fertilizantes de liberación lenta en el manejo nutrimental, según la propuesta anteriormente descrita.

1. INTRODUCCIÓN

Durante el pasado siglo la agricultura desarrolló tecnologías de avanzada como los sistemas de cultivo protegido, basados en el empleo de grandes cantidades de insumos agroquímicos en sus programas de producción, (Pérez y Domínguez, 2004).

Esta agrotecnología –según Rodríguez, (2000)– se sustenta en los adelantos, resultados y concepciones derivados de la Revolución Verde.

El cultivo protegido goza actualmente de un alto protagonismo en la producción intensiva –de gran valor comercial– de hortalizas en el contexto de la agricultura cubana. Su participación es imprescindible en la respuesta productiva a la demanda que de esos productos genera el turismo, además de proyectarse como una variante productiva de grandes perspectivas para la exportación y otras demandas nacionales.

Esta agrotecnología, también se caracteriza por su alta dependencia respecto a insumos de importación: una de sus grandes debilidades de acuerdo con González *et al.*, (2002). La nutrición vegetal es, junto a la semilla híbrida con que se conforman los planes de producción, el aspecto de mayor expresión de lo dicho anteriormente.

Sin embargo, no puede afirmarse que en todos los casos, el alto consumo de fertilizantes minerales recomendados para la producción hortícola –Casanova *et al.*, (2003)– esté técnicamente justificado, según las opiniones y resultados de Guevara *et al.*, (2004) y Arozarena *et al.*, (2005).

O sea, que es posible afirmar que ya resulta impostergable lograr mayor precisión en el manejo nutrimental y brindar atención a las posibilidades que las alternativas agroecológicas tienen en la tecnología.

Esta afirmación cobra especial importancia en el caso de los suelos Ferralíticos Rojos –Hernández *et al.*, (1999)– sobre los que se asienta la mayoría de las instalaciones del occidente del país y cuya notable fertilidad natural y calidad productiva, no son tomadas en cuenta en el trazado de las correspondientes pautas de manejo de la nutrición.

Otro elemento importante a considerar es el carácter estacionario de las instalaciones de cultivo protegido, lo que conjugado con las grandes aplicaciones de fertilizantes minerales de alta solubilidad que en ellas se realiza implica alteraciones en el equilibrio biológico del suelo y representa riesgos de contaminación, tanto de éste como del manto freático.

Por eso, el diseño y puesta en práctica de variantes de manejo agronómico que vinculen el adecuado suministro de nutrientes a las plantas, con la preservación del suelo, la estabilidad de las producciones y la reducción de posibles afectaciones al manto freático es, actualmente, una demanda a satisfacer por las investigaciones agrarias.

En consecuencia, se planteó como hipótesis de trabajo que: *“es posible, –mediante la puesta en práctica de alternativas de carácter agroecológico– reducir las dosis de fertilizantes minerales empleadas para la producción de tomate y pepino en instalaciones de cultivo protegido sobre suelos Ferralíticos Rojos, sin afectar los rendimientos agrícolas establecidos por las normas técnicas vigentes”*.

Para demostrar dicha hipótesis se trabajó experimentalmente en el cumplimiento de los siguientes objetivos:

a) General

Proponer un esquema alternativo de manejo nutrimental para la producción de tomate y pepino en condiciones de cultivo protegido, que incluya prácticas de bajo impacto ambiental.

b) Específicos

- Evaluar esquemas de nutrición que permitan reducir el consumo de fertilizantes minerales en la agrotecnología.
- Validar el empleo de fertilizantes de liberación lenta como alternativa de manejo nutrimental en la tecnología.

Los resultados obtenidos poseen impactos **científico** –aporte al conocimiento–; **social** –contribución a la preservación del agroecosistema– y **tecnológico** –*know how* propuesto.

Su novedad radica en que por primera vez se evalúa, a partir de un enfoque holístico, el impacto ambiental asociable al ejercicio productivo, mediante la variación de propiedades químicas, físico-químicas y biológicas del suelo, que de hecho pueden constituirse metodológicamente, en indicadores para el seguimiento o monitoreo de la problemática identificada.

También, por presentar de manera técnicamente fundamentada, alternativas para la reducción del consumo de fertilizantes minerales en la tecnología y finalmente, por la validación que se hace del empleo de fertilizantes de liberación lenta en estos sistemas productivos y por la integración de resultados de la investigación agraria, a partir de un enfoque holístico en la atención de las demandas identificadas.

El valor práctico de la información que se discute radica en que constituye punto de partida hacia la satisfacción de demandas de la agrotecnología, relacionadas con su sostenibilidad, a la vez que fundamenta la ejecución de otras investigaciones dirigidas a la optimización del manejo nutrimental.

Además, la variante de manejo propuesto ofrece pautas para el empleo de la biofertilización y la bioestimulación en condiciones de cultivo protegido y brinda información para la capacitación de actores y decisores del proceso productivo.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Cultivo Protegido

La agricultura intensiva –según Miró-Granada de Grado, (1999)– supone la modificación de parámetros del desarrollo vegetal –suelo; agrotecnia; elementos del clima, etc.– de manera que no sólo se logren producciones altas y estables, sino que también se pueda decidir el momento de obtención de esas producciones.

En este sentido el tapado de los cultivos –ya sea con efecto de invernadero o de sombrilla– se destaca por las posibilidades que ofrece para adecuar determinadas especies vegetales a condiciones de protección de factores como la intensidad luminosa, las altas temperaturas, la velocidad de los vientos, la incidencia de las lluvias y el ataque de insectos, con el objetivo de obtener cosechas en períodos tradicionalmente considerados como no óptimos para estas especies, (Castilla, 1998 y Santos, Rodríguez y Martín, 1998).

El cultivo protegido se introdujo en Cuba como alternativa de manejo agrotécnico para la producción tabacalera y fue una práctica –en términos de uso masivo– casi exclusiva de esa rama agrícola, hasta los años 80 del pasado siglo, cuando empezó a utilizarse como componente de tecnologías de producción intensiva de hortalizas.

Inicialmente la protección de especies hortícolas se basó en el empleo de tela ***cheese cloth***, para luego dar paso al uso de tendales de rafia plastificada, de acuerdo con Baltá, (1994).

La protección de los cultivos –fundamentalmente hortícolas– es ya una condición indispensable para la obtención de cosechas de calidad superior, tanto biológica como comercial, (Casanova ***et al.***, 1998).

Esta situación, años atrás característica del período primavera/verano es –debido a la incidencia de factores de tipo climático; meteorológico y de carácter comercial–, un requisito a cumplir en plantaciones del llamado período óptimo para la producción de hortalizas en Cuba, que según Gómez-Consuegra *et al.*, (1998) se inicia a partir de setiembre/octubre.

Estudios de Cristóbal, Cabrera y Díaz, (1998) confirman los criterios anteriores tras comparar las condiciones de tapado y a pleno sol, para siembras en macetas de tres variedades de tomate y obtener los mejores resultados en altura, área foliar, peso seco, tasa de asimilación neta y tasa relativa de crecimiento, para las condiciones de tapado en época invernal.

Entre las primeras experiencias nacionales sobre el uso de túneles y casas de cultivo protegido, se pueden citar las realizadas en las provincias de Matanzas (Empresa de Cultivos Varios “Máximo Gómez”) y La Habana, (Empresa de Cultivos Varios “19 de Abril”) alrededor del año 1989.

A mediados de la década de los años 90, a partir de la transferencia de tecnología de Israel y España basadas en el “efecto invernadero”, se generalizan en el país las casas de cultivo rústicas –estructura de madera–propuestas por el Instituto de Investigaciones Hortícolas “Liliana Dimitrova” y basadas en el llamado “efecto sombrilla”.

Se han hecho importantes inversiones por el Ministerio de la Agricultura y otros organismos de la administración central del estado, para incrementar las instalaciones de cultivo protegido en los principales polos turísticos del país, (Pérez y Domínguez, 2004) y se estima que en la actualidad, el país cuenta con alrededor de 120 hectáreas bajo régimen de cultivo protegido dedicadas básicamente, a la producción de tomate y pepino y, en menor escala, de pimiento y melón de castilla.

2.2 NUTRICIÓN VEGETAL

La vía de suministrar los nutrimentos –en lo fundamental– en las instalaciones de cultivo protegido es el fertirriego, en su gran mayoría mediante el sistema de goteo, lo que permite prácticamente la optimización de la fertilización.

Esta forma de aplicar los nutrientes según Moya, (1994) permite reducir hasta en un 50 % los consumos de fertilizantes en la producción hortícola. Otros autores como Malné y Maroto, (1994) valoran como gran ventaja su aplicación en frutales consiguiendo rendimientos superiores en un 10 % y una reducción del 40 % de las dosis de nutrientes habitualmente aplicadas al suelo.

A pesar de que la fertirrigación supone un ahorro económico y un menor efecto sobre el medioambiente, las dosis que se recomiendan para el manejo de la fertilización resultan elevadas.

Por ejemplo, Papadopoulos, (1991) indica –para tomate sobre suelo enmendado con materia orgánica–, aplicaciones de la fórmula completa 10-52-10, en dosis de 100 y 50 kg./ha de manera alterna durante las cuatro semanas inmediatas al trasplante y desde ese momento, aplicaciones de la fórmula 20-5-30 –también en dosis de 100 kg./ha–, junto con cantidades complementarias –e igualmente altas– de sulfato de magnesio, nitrato de potasio y nitrato de calcio.

Por su parte, la transnacional SQM –involucrada en la comercialización de insumos para la agrotecnología– recomienda en su catálogo del 2001, 200 a 450 kg./ha de nitrógeno, 150 a 400 kg./ha de fósforo y 300 a 900 kg./ha de potasio, para la misma hortaliza.

La agricultura en la actualidad se enfrenta a una crisis ambiental, debido a que las prácticas de carácter intensivo provocan la degradación de recursos naturales tan importantes como el suelo y el agua, de acuerdo con criterios de Armenta-Bojórquez *et al.*, (2001) y Velasco, Ferrera-Serrato y Almaraz, (2001).

Chaveli **et al.** , (2004) informan desequilibrios en la microflora de un suelo Ferrítico Rojo y cambios en las propiedades del mismo, como consecuencia del empleo de fertilizantes minerales, característico de las instalaciones de cultivo protegido.

Autores como, Conway y Barbier, (1996); Kolmans y Vásquez (1999) y Solano (2003), consideran que la pérdida de fertilidad de los suelos –en lo fundamental de su fracción orgánica– está relacionada con la utilización frecuente de altas dosis de fertilizantes minerales.

No son pocos los autores que consideran que es la materia orgánica del suelo, uno de los componentes más importantes de éste para el desempeño exitoso de la agricultura en las regiones tropicales –Kononova, (1966); Alfonso y González, (1983); Cairo y Fundora, (1994) y Moreno (2002)–, por la influencia que ejerce sobre las características químicas, físicas, químico-físicas y biológicas de los suelos y por su tendencia a presentar bajos valores en los suelos cultivados de esas regiones.

El interés agronómico de la aplicación de materia orgánica en instalaciones de cultivo protegido, no está en los nutrientes que incorpora, los cuales pueden ser bajos, sino en las mejoras señaladas en el párrafo anterior y en otras –movilización de nutrientes; aumento de la capacidad de intercambio catiónico del suelo; mejora de la actividad microbiana; incremento de la estabilidad; retención de humedad– tal y como señalan Portieles, Arteaga y Mojena, (1985); Sánchez **et al.** , (1998) y Hermoso, Torres y Farré, (2003).

También debe tenerse en cuenta que la aplicación de portadores de materia orgánica al suelo potencia su capacidad defensiva frente a patógenos: por ejemplo, Szczech **et al.**, (1993) reportan la disminución de afectaciones debidas a *Fusarium oxysporum*; *Phyrenochaeta lycopersici*; *Phytium ultinum* y

Rhizoctonia solani, en plantas de tomate en cuyo cultivo se empleó compost, como variante de manejo del suelo.

Por su parte, Lu y Koide, (1994) señalan la mayor presencia de plantas sanas y vigorosas, como una de las ventajas del empleo de hongos micorrizógenos y portadores orgánicos, en especies de interés agrícola.

Por esa razón, la fertilización organo-mineral aparece como una alternativa importante a tener en cuenta, en los esquemas de nutrición de estos sistemas de producción hortícola intensiva.

El aporte combinado de portadores de materia orgánica –estiércol, cachaza, compost, etc.– y nutrientes en forma mineral consigue restituir las pérdidas por mineralización de la materia orgánica presente en el suelo y favorece la expresión de la fertilidad del mismo (Casseres, 1966; FUSAGRI, 1976; Añaz y Tanira, 1980 y Aguirre **et al.** , 1994)

Adicionalmente, el empleo de abonos orgánicos conjuntamente con los minerales, permite reducir el uso de estos últimos, según Edwards **et al.**, (1984). En igual sentido se manifestaron Plaza, García-Gil y Polo, (2005), tras estudiar el empleo de purines de cerdo, en el manejo nutrimental de la cebada.

Por su parte, tras investigaciones en condiciones de cultivo protegido, Chaveli **et al.**, (2004) reportan un mayor equilibrio y rendimiento del tomate, cuando se combinan dosis de 4 kg./m² de estiércol con dosis de fósforo de 300 y 600 kg./ha de P₂ O₅, en comparación con la fertilización químico mineral.

Es de señalar que los rendimientos estuvieron en el orden de los 5 kg./m² –inferiores al valor mínimo aceptado como suficiente en las normas técnicas

vigentes para época de primavera: 7 kg./m², Casanova **et al.**, (2003)–, lo que sugiere que la dosis del material orgánico empleado haya resultado insuficiente.

Diferentes investigaciones se han desarrollado en los últimos años, dirigidas a la conservación del suelo mediante prácticas de fertilización órgano mineral, que permiten un *status* de fertilidad aceptable y sustentan económicamente los rendimientos, (Serrano **et al.**, 2002; Rosabal **et al.**, 2002 y Vantour **et al.**, 2002).

El empleo de diferentes fuentes de abonos orgánicos (humus, compost, cachaza, estiércol, etc.), permite la reducción de las dosis de fertilizante mineral sin afectaciones considerables en las producciones y en muchas ocasiones superando los rendimientos obtenidos por la vía convencional, como evidencian los estudios de González, (1986); González, Vieto y Clavel, (2002); Hermoso, Torres y Farré, (2003) y Solano (2003).

Vega **et al.**, 2004 no encontraron diferencias en la respuesta al empleo de diferentes fuentes orgánicas –humus y compost– en el rendimiento y calidad de los frutos de pepino, bajo condiciones de cultivo protegido.

El aporte de fuentes de materia orgánica a los suelos, también ofrece la posibilidad de que estos materiales sean utilizados como soportes para el suministro al agroecosistema, de microorganismos de importancia agrícola; así, Jodice y Nappi, (1987) y Manjarrez-Martínez, Ferrera-Cerrato y González-Chávez, (1999) informan resultados satisfactorios en la utilización de vermicomposta, como vehículo para la incorporación al suelo de *Azospirillum sp* y *Glomus sp*, respectivamente.

Marschner, (1990) y Shishido **et al.**, (1990) plantean que la nutrición de las plantas juega un papel fundamental en la actividad fotosintética y la acumulación de materia seca; en ese mismo sentido, Velasco, Ferrera-Cerrato y Almaraz, (2001), reportan que el uso de microorganismos con capacidad biofertilizadora

–*Azospirillum brasilense* y *Glomus intraradix*– conjuntamente con el abonado orgánico incrementó los contenidos de nitrógeno y fósforo en plantas de tomate; el área foliar fotosintéticamente activa y, consecuentemente, el tenor de materia seca en comparación con los tratamientos no sometidos a ese tipo de manejo.

El empleo de materiales de origen natural –tanto orgánicos como inorgánicos– es factible en mezclas –materia orgánica, zeolitas y roca fosfórica, por ejemplo– con el fin de mejorar la fertilidad de los suelos y revertir la degradación de los mismos, así como lograr la disminución del consumo de fertilizantes químicos minerales, (John *et al.*, 2004).

En Cuba, los suelos Ferralíticos Rojos –Hernández *et al.*, (1999)– representan un gran potencial agrícola desde el punto de vista de su extensión y constituyen el 27.02 % –solamente superados por los Pardos con carbonatos– del fondo nacional, (Gounoa, 1997).

Se asume que son los más productivos del país –Riverol, (1984) y Shepashenko *et al.*, (1993)– pero, la explotación agrícola a que son sometidos bajo régimen de cultivo protegido –altas y reiteradas aplicaciones de agroquímicos y bajos aportes de materia orgánica; altas temperaturas y la ubicación de carácter permanente de las instalaciones– está acarreando problemas de pérdida de fertilidad y productividad, como fue encontrado en investigaciones sobre este agrupamiento de suelos, por Monedero *et al.*, (2004).

Ellos encontraron –sobre una muestra equivalente al 20 % de las instalaciones de cultivo protegido ubicadas en las provincias habaneras– que, a los efectos de la nutrición vegetal, en el 67 % de las mismas no se toma en cuenta la fertilidad del suelo para el trazado de los planes correspondientes, mientras que el 82 % refiere no considerar la extracción total de nutrientes, con igual fin.

Para el empleo de portadores orgánicos, los mismos autores refieren aplicaciones entre 1 y 3 Kg./m² para el 74 % de los encuestados: llama la atención que esas dosis son coincidentes prácticamente con las aplicadas por Chaveli *et al.*, (2004), en estudios afines y con resultados productivos inferiores a los pautados para la modalidad productiva.

Por otra parte, según los mismos autores, las dosis de fertilizantes empleadas en las instalaciones evaluadas –para tomate en época óptima– son del orden de los 500; 190 y 900 kg./ha de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente; para la época de primavera-verano alcanzan los 360, 180 y 700 kg./ha de los mismos elementos nutrimentales; en el caso del pepino, 400, 200 y 700 kg./ha de N, P₂O₅ y K₂O son las dosis reseñadas en el trabajo.

Esto manifiesta una de las principales debilidades tecnológicas: el consumo exagerado de portadores nutrimentales, sin justificación técnica alguna; de hecho las dosis arriba mencionadas son superiores a las establecidas para el manejo de las mismas especies vegetales, sin que puedan considerarse bajas, por Casanova *et al.*. (2003).

Siendo esta tecnología otro ejemplo de transferencia norte-sur y dado el carácter transnacional de sus empresas o firmas proveedoras resulta lógico que las recomendaciones de consumo de agroquímicos sean elevadas: por una parte responden a los requerimientos de genotipos altamente consumidores –y productores– mientras que por otra, se garantiza –aunque sin un fundamento técnico totalmente convincente– obtener una respuesta productiva adecuada en cualquier agroecosistema, a partir de la menor cantidad posible de recomendaciones.

No obstante es necesario tomar en cuenta que excesos en el consumo de nutrimentos aumentan la vulnerabilidad de las especies cultivadas ante la incidencia de determinados patógenos.

En ese sentido, Huber, (1980) y Thomas y Mc Lean, (1967) –citados por Velasco (1999)– reportan niveles crecientes de afectación por virosis en plantas de tomate, como resultado del incremento del suministro de fósforo y potasio; la explicación la basan en la mayor presencia en el vegetal, de aminoácidos y nucleótidos, consecuencia de la sobrefertilización.

2.3 BIOESTIMULANTES

Una alternativa para el logro de producciones con calidad, sin afectaciones mayores del medio ambiente, la constituye el empleo de productos de origen natural, como los bioestimulantes.

Estas son sustancias de origen biológico que actúan potenciando determinadas expresiones metabólicas y fisiológicas de las plantas e inciden favorablemente en su respuesta productiva, así como en su capacidad de resistencia o recuperación ante situaciones de estrés, (Arago, 2003).

De Liñan, (2000) considera que son productos que activan el crecimiento y desarrollo de las plantas aportando compuestos directamente utilizables por los cultivos en función de características como resistencia, acción repelente, etc. Este autor también considera que pueden producirse de diferentes maneras: mediante síntesis; por fermentación y por hidrólisis de proteínas.

Dentro de la gama de productos bioestimuladores del crecimiento y desarrollo de las plantas, se encuentran los biofertilizantes, los cuales ejercen un efecto mejorador sobre determinadas especies vegetales, (Hussain *et al.*, 1987; Meshram y Shende, 1990 y Almaguer *et al.*, 1997).

Esa opción constituye base para desarrollar biotecnologías racionales, de las cuales está necesitado el mundo de hoy, (Hernández *et al.*, 2000 y Planes Leyva *et al.*, 2000).

Los microorganismos con características biofertilizadoras se conocen desde principios del siglo pasado, tal y como se aprecia en los trabajos de Gerlach y Vogel, (1902) y Mac Krinoff, (1924), citados por Dibut, (2000).

Los biofertilizantes se definen, según Martínez Viera y Hernández (1995), como aquellos preparados que contienen células vivas o latentes de cepas microbianas eficientes –fijadoras de nitrógeno, solubilizadoras de fósforo, potenciadoras de diversos nutrientes o productoras de sustancias activas–, que se aplican a las semillas o al suelo, con el objetivo de incrementar el número de estos microorganismos en el medio y acelerar los procesos microbianos; de esa forma, se aumenta la cantidad de nutrientes que puede ser asimilada por las plantas y se hacen más rápidos, los procesos biológicos que influyen sobre el desarrollo y el rendimiento de los cultivos.

Dentro de las acciones beneficiadoras de estos microorganismos, también se halla la producción de fitohormonas que favorecen el enraizamiento; protegen a las plantas contra patógenos; incrementan la resistencia o tolerancia de las mismas ante condiciones de sequía y salinidad; descomponen sustancias tóxicas en el ecosistema y mejoran la estructura del suelo, (Gieler y Cádiz, 1995).

En Cuba existe una gran experiencia en inoculaciones simples; de hecho se han desarrollado varios productos comerciales basados en rizobacterias promotoras del crecimiento como Biostin y Oniostin –ambos obtenidos a partir de ***Azotobacter chroococcum***– con efectos positivos en los cultivos de tomate (Martínez Viera *et al.*, 2002) y cebolla (Dibut, 2000); Rizobac a partir de ***Burkholderia cepacia*** en el cultivo del maíz (Hernández, 2002) y ECOMIC® formulado con hongos micorrizógenos arbusculares y de notable efecto en los cultivos de raíces y tubérculos (Ruiz, 2001) y hortalizas (Hernández *et al.*, 2001).

El auge de la biofertilización demanda de un enfoque integrador de la nutrición que contemple el manejo de varios elementos nutrimentales de manera simultánea: sólo así podrán obtenerse resultados sostenibles en el uso de tan importante herramienta agrotécnica.

De ahí la gran importancia que se le concede actualmente, al diseño, formulación y promoción de esquemas de coinoculación, con acción eficaz sobre cultivos y ecosistemas agrícolas, (Martínez Viera *et al.*, 2002).

Antecedentes o referencias acerca de la coinoculación pueden ser las investigaciones de Azcón, Gómez y Barea, (1974), sobre la combinación de ***Azotobacter chroococcum*** y fosfobacterias en el cultivo del tomate, con incrementos del 20 % de los rendimientos, con respecto a las inoculaciones simples.

Otros estudios en este sentido son reportados por Maurya y Sanoria (1986) –***Rhizobium cicerii***, ***Azotobacter chroococcum*** y ***Pseudomonas fluorescens***, en el cultivo del garbanzo– con reducciones sensibles de las cantidades de fertilizantes nitrogenado y fosfórico, a aplicar como parte de la fertilización.

También Ho, (1988) demostró que utilizando un inoculante múltiple a partir de ***Azotobacter chroococcum*** y ***Glomus mosseae*** sobre ***Festuca arundinaceae***, se obtienen incrementos en la biomasa de las hojas, tallos y raíces, respecto a las aplicaciones individuales de los mismos microorganismos.

En tal sentido se han obtenido resultados exitosos en nuestras condiciones, mezclando ***Azotobacter chroococcum*** y fosforina en el cultivo del tomate (Martínez Viera, 2001); otro ejemplo lo es la aplicación de Azofert y ECOMIC® en siembras de tomate y cebolla, con resultados satisfactorios para el doble tratamiento, según Pulido, (2002).

Un importante ejemplo de coinoculación, lo es la combinación de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (RPCV) y hongos micorrizógenos arbusculares (HMA); en ese sentido, Terry (2004) cita a Azcón (2000) señalando que ambos tipos de microorganismos establecen una importante interacción que influye en la colonización microbiana. Por su parte, Alfonso y Monedero, (2004) plantean que los HMA incrementan la superficie de intercambio con otros biofertilizantes de los géneros ***Azotobacter***, ***Azospirillum*** y ***Pseudomonas***, también con efectos positivos.

Los biofertilizantes son un elemento válido para el trazado de estrategias de producción, dirigidas a la disminución de las dosis de fertilizantes minerales y a la obtención de producciones menos costosas, con la conservación del suelo en términos de fertilidad y biodiversidad, de acuerdo con Mejías (1995). Esta interpretación no excluye a la tecnología de cultivo protegido.

Viñales y Villar (1999) consideran que con los biofertilizantes fijadores de nitrógeno, los agricultores pueden llegar a sustituir notables cantidades del fertilizante nitrogenado industrial, mientras que mediante microorganismos solubilizadores de fósforo, se puede sustituir hasta el 50 % de los fertilizantes fosfóricos, en ambos casos con altas respuestas productivas.

También se incluyen dentro de los productos estimulantes, sustancias como el humus líquido y derivados obtenidos a partir de éste, que tienen una positiva influencia sobre la germinación y posterior desarrollo y resistencia a enfermedades de las plantas, (Garcés ***et al.***, 2002).

El FitoMas, producto obtenido a partir de procesos de fermentación, también forma parte de este tipo de producto. El mismo está constituido –entre otros compuestos– por aminoácidos, bases nitrogenadas y péptidos de origen vegetal, que actúan en los centros activos y procesos bioquímicos de los cultivos, (Montano y Villar, 2005).

Estos propios autores han encontrado efectos positivos de este producto sobre cultivos de importancia económica como la caña de azúcar y la frutabomba. Otro ejemplo de su uso, lo ofrece Rodríguez, (2005) al determinar que su combinación con 4 Kg./m² de materia orgánica resulta suficiente para sustituir a la fertilización mineral en variedades de chícharo para consumo seco.

2.4 FERTILIZANTES DE LIBERACIÓN LENTA O CONTROLADA

La industria de los fertilizantes enfrenta, como resultado del aumento creciente de la demanda de alimentos de origen agrícola, el desafío permanente de aumentar la eficiencia de estos productos –Trenkel, 1993– como respuesta a la necesidad de reducir su consumo en la producción de alimentos y con ello, su impacto medioambiental.

Esta baja eficiencia de los fertilizantes minerales, se debe a pérdidas de nutrimentos a partir de los mismos, por procesos de lixiviación, desnitrificación, volatilización, precipitación e inmovilización.

Como se puede notar, una parte de estos productos puede pasar a las capas inferiores del suelo y llegar a contaminar el manto freático; otras fracciones se desprenden en forma de gases hacia la atmósfera incrementando el efecto invernadero, mientras otra fracción se queda como remanente en el suelo, lo cual constituye un fenómeno con implicaciones sobre las propiedades biológicas, físicas, químicas y físico-químicas del recurso suelo.

Esta problemática se acrecienta con el uso frecuente de altas dosis de fertilizante mineral –Labrador Moreno y Altieri, (1994)– como ocurre en los sistemas de cultivo protegido.

Finck, (1994) señala que a pesar de las diferencias de criterios sobre la eficiencia de los nutrientes procedentes de los fertilizantes minerales, se acepta que los

nutrientes esenciales –N, P, K– aplicados al suelo mediante ese tipo de productos, se aprovechan según:

- N.- 50 al 70 %
- P.- 10 al 25 %
- K.- 50 al 60 %

Por consiguiente ha sido un reto para esta industria el desarrollar fertilizantes de nuevo tipo, con características especiales que eviten o reduzcan tales pérdidas.

En este grupo se encuentran los fertilizantes de liberación lenta o controlada que pueden definirse –Rieumont, González y Rodríguez, (2004)– como productos con características químicas-minerales tales que, la transferencia de elementos nutritivos se realiza de una forma lenta, moderada o gradual, bien sea desde un material activo o desde un sustrato de reserva, a otro medio con el fin de conseguir sobre el mismo, una acción determinada prolongada en el tiempo evitando así, pérdidas por lixiviación, volatilización, precipitaciones, etc.

Los mismos autores consideran que no existen diferencias oficiales entre los términos *liberación lenta* y *liberación controlada*. Sin embargo, los productos cuya descomposición es fundamentalmente microbiológica –como los recubiertos con urea-formaldehído–, se comercializan normalmente como *fertilizantes de liberación lenta*, en tanto que los de factura encapsulada, como de *liberación controlada*.

A pesar de los beneficios que ofrece este tipo de fertilizante y de que en nuestro país se les conoce desde la década de los años 70 –Palacios, (1976)– su uso ha sido muy limitado. Generalmente se reportan ejemplos para portadores nitrogenados, como los de Núñez y Hernández, (1981), en el cultivo de la piña, en que obtuvieron ligeros incrementos en los rendimientos agrícolas con su aplicación.

Más recientemente, González *et al.*, (2002) compararon la eficiencia “*in vitro*” e “*in vivo*” de un fertilizante de liberación lenta y uno comercial, con la característica de que no sólo incluyó al nitrógeno sino también portadores de potasio, los cuales fueron empleados en el cultivo de la habichuela, obteniéndose los mejores resultados para el caso del fertilizante de nuevo tipo.

La agrotecnología de cultivo protegido es un sector de la agricultura cubana, en el que se justifica el empleo de estos materiales, ya que los mismos permiten hacer aplicaciones de grandes dosis de fertilizante, sin que se altere la concentración iónica del medio, como sí ocurre con los fertilizantes de alta solubilidad, (Grace, 1994, citado por Rieumont, González y Rodríguez, 2004).

También se considera ventajosa la utilización de fertilizantes de liberación lenta, debido a tres de sus características fundamentales que, –según Shoji y Kanno, (1994) y Wong, (1996)–, son:

- sólo se necesita una aplicación a lo largo del período de crecimiento y desarrollo del cultivo, con la proporción de nutrientes requeridos para su desarrollo óptimo.
- permite alcanzar un porcentaje máximo de producción.
- minimiza los efectos perjudiciales en el suelo, agua y medio ambiente.

Otra de las ventajas que tiene el utilizar estos fertilizantes es la eficiencia en la utilización por la planta de los nutrientes que aportan los mismos, lo que permite disminuir la cantidad de fertilizantes a utilizar.

Esto fue comprobado por Hauck (1996) en el cultivo de fresa en California, donde determinó que cuando se empleaba un fertilizante convencional, se necesitaban 1200 kg./ha por cosecha con 200 kg. de nitrógeno y una eficiencia del 25 % en el aprovechamiento de este elemento químico. Al emplear fertilizante de liberación controlada (AGROBLEN 17-9-8-3) se necesitaron 450 kg./ha y 76 kg de nitrógeno, con una eficiencia o aprovechamiento del 66 %.

Otro ejemplo que demuestra la efectividad de estos productos, lo da el estudio realizado por Shaviv (1995) quien encontró incrementos en la eficiencia de la fertilización nitrogenada, a la vez que reducción del impacto negativo sobre el medioambiente.

Por su parte, Allen, (1984) y Kaneta *et al.*, (1995) evaluaron satisfactoriamente, la respuesta del arroz a esta alternativa de manejo nutrimental: esto evidencia –dadas las características de manejo agrotécnico de esa especie– que este tipo de fertilizante es de amplia versatilidad.

Otro reporte favorable acerca de los fertilizantes de liberación lenta, lo hacen Ochoa *et al.*, (2005) al reseñar su empleo en la producción de geranio en contenedores y valorar las ventajas que expresan frente a determinados desequilibrios en los sustratos. Similar referencia al manejo de la nutrición de plantas cultivadas en sustratos, mediante formulaciones de liberación controlada hacen Bunt, (1988) –para el suministro de microelementos en cultivos en macetas– y Cabrera, (1999) –quien cita estudios de Wrigth y Nemiera, (1987)–, para el manejo de la fertilización nitrogenada, en plantas ornamentales.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo experimental se realizó entre los años 2001 y 2004, en la sede del Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical “Alejandro de Humboldt” (INIFAT) –ubicado en la localidad de Santiago de las Vegas; municipio Boyeros, provincia Ciudad Habana– del Ministerio de la Agricultura, en áreas dedicadas a la producción de hortalizas bajo régimen de cultivo protegido.

Las instalaciones, (3), de procedencia israelí y española y con tiempo de explotación entre tres y cinco años están dispuestas sobre una superficie total de dos hectáreas de suelo Ferralítico Rojo, (Hernández *et al.* , 1999).

Se trabajó en tres direcciones: **a)** la caracterización del efecto de la aplicación continuada de agroquímicos al suelo; **b)** la evaluación de la respuesta vegetal a la fertilización órgano mineral y a alternativas de carácter agroecológico y **c)** la validación del empleo de fertilizantes de liberación lenta en el manejo nutrimental.

3.1. Estudio del impacto de las prácticas de manejo nutrimental sobre la calidad agrícola del suelo

Se tomaron –año 2001– muestras compuestas de suelo, cinco réplicas en cada caso, dentro de cada instalación –en el área de cultivo– y en sus respectivas áreas exteriores –no sometidas a la práctica productiva– a fin de evaluar, por comparación, los efectos de la notable aplicación de fertilizantes.

A estas muestras se les determinó el contenido de materia orgánica (%; NC 51:1999) y la conductividad eléctrica (mS/cm; NC 112:2001), según Chapman y Pratt, (1981) y Comité de Normalización No. 3, (1999 y 2001).

El contenido de fósforo asimilable ($\text{mgP}_2\text{O}_5/\text{hg}$ de suelo; NC 52:1999) se determinó por el método de Oniani, adecuado para este tipo de suelo según Mato, (1989) y Valdés Pérez *et al.*, (1995); el tenor de potasio intercambiable (cmol^+/kg

de suelo; NC 65:2000) a partir de extracción mediante buffer acetoamoniaco, (Comité de Normalización No. 3, 1999 y 2000).

La concentración total de microorganismos, se evaluó mediante el método de diluciones seriadas con la posterior siembra en placas, tal y como pautan las normas internacionales ISO 4833, (1991) e ISO 6887, (1993) y de acuerdo con Herrera, (1985).

La información obtenida se procesó para cálculo de valor promedio y desviación estándar, según Little y Jackson, (1981). Los valores correspondientes a las muestras tomadas en el interior de las instalaciones, se expresaron en cada caso, como porcentaje de variación respecto al valor inicial o determinado en las muestras del área exterior de las mismas.

3.2 Reducción de las dosis de fertilizantes minerales en el cultivo de tomate y pepino; aplicaciones de materia orgánica, biofertilizantes y bioestimulador FitoMas.

3.2.1) Fertilización órgano mineral

Fue evaluada –condiciones de producción; época primavera; año 2001– la aplicación de materia orgánica (estiércol vacuno con 47.1 ± 9.24 % de materia orgánica; 1.12 ± 0.222 % de N; 0.90 ± 0.082 % de P y 0.18 % de K) en dosis de 7.5; 15; 22.5 y 30 kg/m², junto al suministro mediante fertirrigación, del 75% de la norma de manejo nutrimental para tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill; Híbrido FA 180) recomendada por Casanova *et al.*, (2003) –equivalente a 237.6; 118.3 y 559.3 kg/ha de N; P₂O₅ y K₂O, en igual orden–; se incluyó el correspondiente tratamiento sin aplicación de materia orgánica y con la totalidad de la fertilización mineral recomendada mediante fertirriego, (testigo de producción).

La respuesta vegetal se estableció en términos de altura (cm) a los 70 días después del trasplante (ddt); valor de la pendiente (b) para el análisis de regresión

lineal altura **vs** tiempo hasta 65 ddt; tiempo (días) transcurrido al inicio de la cosecha; rendimiento agrícola (kg/m^2) y la calidad comercial de la cosecha (%).

Concluida la cosecha de tomate, se sembró pepino, [*Cucumis sativus*, L.; Híbrido HA 436; época: verano 2001] –como parte de la secuencia de producción de estas instalaciones– para determinar el efecto residual de la aplicación del portador orgánico. Es decir, se aplicó el mismo esquema de fertirrigación pero sin repetir la incorporación de estiércol vacuno; la norma vigente de fertilización para pepino es de 301.9; 43.5 y 586.1 kg/ha de N; P_2O_5 y K_2O , respectivamente, (Casanova *et al.*, 2003). En este caso se evaluaron el largo de la guía principal 50 días después de la germinación (ddg); el largo y el diámetro del fruto (cm) y el rendimiento agrícola (kg/m^2).

Ambos ensayos se distribuyeron según diseño de bloques al azar y constaron de cuatro réplicas de 24 m^2 cada una, con 100 plantas de tomate u 80 de pepino.

Tomando en cuenta los resultados obtenidos en las campañas precedentes, tras la siembra del pepino y ya dentro del período óptimo para el cultivo del tomate –Híbrido FA 180; época frío 2001/2002–, se evaluaron de manera conjunta, la aplicación mediante fertirriego del 100 % de la dosis de fertilizantes minerales recomendada o vigente –testigo de producción– y el 75 % de la misma, junto a la incorporación de 7.5 kg de portador de materia orgánica por metro cuadrado.

La plantación se condujo a 5 racimos/planta, como criterio de manejo agrotécnico relacionado con la rentabilidad de estas instalaciones (Gálvez-Echazábal; 2002, comunicación personal) y se evaluaron como índices de respuesta vegetal, la altura (cm) semanal desde 21 ddt hasta decapitado, la fenología del cultivo y el rendimiento agrícola, incluido el % de frutos de calidad superior.

Los tratamientos se distribuyeron según las mismas especificaciones establecidas para la campaña anterior de la misma especie; la evaluación estadística incluyó

cálculo de valor promedio y desviación estándar; análisis de regresión lineal y realización de prueba F de significación estadística, (Little y Jackson, 1981).

3.2.2) Aplicación de microorganismos biofertilizadores y bioestimulante FitoMas a tomate (Híbrido FA 180)

Identificada la dosis óptima de materia orgánica a incorporar, se utilizó a su portador como soporte para la aplicación de microorganismos biofertilizadores (*Glomus sp*; *Azotobacter chroococcum* y *Bacillus megatherium var. phosphaticum*) de manera conjunta y de acuerdo con las indicaciones de Rivera *et al.*, (2002) y Ríos Rocafull (2003, comunicación personal). También se aplicó por vía foliar bioestimulante FitoMas (Montano 2003, comunicación personal).

Se trabajó bajo régimen productivo. El estudio incluyó dos campañas en la época de primavera del año 2002 y el fertirriego fue la vía de suministro de la nutrición mineral, según Casanova *et al.*, 2003; los tratamientos se distribuyeron de acuerdo a un diseño de bloques al azar, en cuatro réplicas de 24 m² con 100 plantas cada una.

EcoMic® en dosis de 5 gramos por planta fue el vehículo para la aplicación de hongos micorrizógenos. *A. chroococcum* y *B. megatherium* se aplicaron en dosis de 2 L/ha, a partir de soluciones con título de 10¹² y 10¹⁰ UFC/mL, respectivamente, en tanto las aspersiones de FitoMas se efectuaron siete días después del trasplante, al inicio de la floración; al definirse el tercer racimo floral y tres días después del despunte o inicio de cosecha, con norma de aplicación de 1L/ha.

Los tratamientos evaluados fueron:

- a) 75 % fertilización mineral* + 7.5 kg/m² de Materia Orgánica.
- b) 75 % fertilización mineral* + 7.5 kg/m² de Materia Orgánica + microorganismos biofertilizadores + FitoMas.

* según Casanova *et al.*, 2003.

Se evaluaron como parámetros de crecimiento y desarrollo, la altura (cm); la dinámica de crecimiento hasta el decapitado de las plantas (5^{to} racimo; 70 ddt); el rendimiento agrícola (kg/m²) y el % de frutos con calidad superior.

A los efectos de la evaluación estadística, se calcularon el valor promedio y la desviación estándar y se realizó análisis de regresión lineal y prueba F de significación estadística, todo de acuerdo con Little y Jackson, (1981).

3.3 Fertilizantes de Liberación Lenta

Preparados a partir de Urea; Fórmula Completa 9/13/17 y Cloruro de Potasio, para suministrar la totalidad de las cantidades recomendadas de nitrógeno, fósforo y potasio por Casanova *et al.*, 2003, a partir de una aplicación única por planta –al momento del trasplante y en mezcla 1:1 con materia orgánica– de manera que a lo largo del ciclo vegetal y mediante el riego, se satisfaga gradualmente la demanda nutrimental del cultivo.

3.3.1 Ensayo en macetas para evaluación comparativa con la fertirrigación

Tratamientos

1. Testigo de Producción (TP): Fertirriego (21 g de N; 4 g de P y 41 g de K por planta/ciclo; 100% de la norma según Casanova *et al.*, 2003).
2. TP + 7.5 kg/m² de Materia Orgánica (M. O.).
3. TP + M. O. + Microorganismos biofertilizadores (*Glomus sp* –5 gr/planta–; *A. chroococcum* y *B. megatherium var. phosphaticum* –2 L/ha–); (Bf).
4. 75% de TP + M. O.
5. 75% de TP + M. O. + Bf
6. TP (21 g de N; 4 g de P y 41 g de K por planta/ciclo; 100% de la norma según Casanova *et al.*, 2003), como Fertilizante de Liberación Lenta (FLL).
7. FLL + M. O.
8. FLL + M. O. + Bf.
9. 75% de FLL+ M. O.
10. 75% de FLL+ M. O. + Bf

Réplicas: 10. Carga/maceta: 12 kg Mat. Org.: Estiércol vacuno.
Planta índice: Tomate Híbrido FA 180 (1 planta/maceta) hasta 3^{er} racimo floral.
Año: 2003

Los tratamientos se agruparon para la evaluación de los datos obtenidos, de la manera siguiente:

a) Para demostrar la validez del empleo de fertilizante de liberación lenta

Tratamientos **1 y 6**; diseño completamente aleatorizado.

Indicadores de respuesta vegetal: altura de las plantas 60 ddg y dinámica de crecimiento desde el trasplante hasta ese momento; total de flores formadas y % de fructificación para el conjunto de tres racimos. Días a la floración (50 % de plantas por tratamiento con al menos una flor abierta) y días a la fructificación (50 % de plantas por tratamiento con al menos un fruto formado o definido).

Tasa absoluta de crecimiento (TAC; mg/día); tasa relativa de crecimiento (TRC; mg/gr/día); tasa de acumulación neta (TAN; mg/cm²/día) y relación de área foliar (RAF; cm²/g), según Hunt (1982) y Radford (1967), citados por Serrato-Cruz; Grimaldo-Juárez y González-Hernández (1998) y Palomo *et al.*, (2003), respectivamente.

Procesamiento de datos: Cálculo de valor promedio y desviación estándar; análisis de regresión lineal y análisis de varianza y prueba F de significación estadística, (Little y Jackson, 1981) y gráfico variables *vs* tiempo.

b) Para seleccionar el tratamiento con fertilizante de liberación lenta a evaluar en condiciones de producción

1) tratamientos.- **1 vs 2 y 3; 6 vs 7 y 8; 1 vs 4 y 5; 6 vs 9 y 10.**

- variables evaluadas.- altura de las plantas (60 ddg); TAC; TRC; TAN y RAF; número de flores; % de fructificación y fenología del cultivo.
- evaluación.- valor promedio y desviación estándar y relación porcentual entre resultados de los tratamientos.

2) tratamientos.- 1 al 5 y 6 al 10.

- variables evaluadas.- TAC; TRC y RAF, desde trasplante a inicio de floración y desde inicio de floración a inicio de fructificación.
- evaluación.- cálculo del valor medio y la desviación estándar y gráfico variables **vs** tiempo.

3) tratamientos.- 2 al 5 y 7 al 10, diseño de bloques al azar.

- variables evaluadas.- altura; TAC; TRC; TAN y RAF desde trasplante a decapitado (60 ddg).
- evaluación.- análisis de varianza según diseño de parcelas subdivididas y cálculo de Diferencia Significativa Mínima (DSMn), (Little y Jackson, 1981).

3.3.2 Evaluación de fertilizantes de liberación lenta en condiciones de producción.

Seleccionada la alternativa de empleo de FLL con mayores perspectivas de contribución a un manejo sostenible de la agrotecnología, se le contrastó con la variante de fertilización órgano mineral, con empleo de fertirriego, validada en los acápite s precedentes.

Los tratamientos evaluados fueron los siguientes:

1. Fertirriego (75 % dosis según Casanova **et al.**, 2003) + 7.5 kg/m² de Materia Orgánica + Microorganismos Biofertilizadores (*Glomus sp* –5 gr/planta–; *A. chroococcum* y *B. megatherium var. phosphaticum* –2 L/ha–) + FitoMas.
2. Fertilizante de Liberación Lenta (75 % dosis según Casanova **et al.**, 2003) + 7.5 kg/m² de Materia Orgánica + Microorganismos Biofertilizadores

(*Glomus sp* –5 gr/planta–; *A. chroococcum* y *B. megatherium* var. *phosphaticum* –2 L/ha–) + FitoMas.

- ✓ Especies vegetales: Tomate Híbrido FA 180 (2 campañas de primavera; año 2004) y pepino Híbrido HA 436 (1 campaña de verano; año 2004).
- ✓ Unidad Experimental:
 - ✓ Tomate: parcela de 12 m² con 50 plantas; cuatro réplicas.
 - ✓ Pepino: parcela de 9 m² con 30 plantas; cuatro réplicas
- ✓ Variables de respuesta:
 - ✓ Tomate: altura al decapitado (cm); dinámica de crecimiento; fenofases y rendimiento (kg/m²) y calidad comercial (%).
 - ✓ Pepino: largo de la guía principal (cm; 42 ddg); largo y diámetro de fruto (cm); fenofases y rendimiento agrícola (kg/m²).
- ✓ Evaluación de la información: Cálculo de valor promedio y desviación estándar, análisis de regresión lineal y prueba F de significación estadística, de acuerdo con Little y Jackson (1981).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Evaluación del impacto de las prácticas de manejo nutrimental sobre la calidad agrícola del suelo.

La práctica productiva continuada, en ausencia de alternativas como la rotación y asociación de cultivos y la realización de enmiendas –entre otras de similar propósito– ha traído como consecuencia, afectaciones en la calidad del recurso suelo, básicamente en su fertilidad natural.

Así se observa en los resultados de los Cuadros 1, 2 y 3.

Cuadro 1. Muestras de suelo. Determinación de materia orgánica (%); conductividad eléctrica (mS/cm); fósforo asimilable (mg P₂O₅/100 g) y potasio intercambiable (cmol+/kg). Caracterización inicial y variación tras la explotación productiva.

Instalación		Materia orgánica	Conductividad eléctrica	Fósforo asimilable	Potasio intercambiable
1	Valor inicial	4.72 ± 1.35	0.56 ± 0.138	48.3 ± 9.59	0.54 ± 0.153
	Variación	27 % de disminución	43 % de incremento	314 % de incremento	211 % de incremento
2	Valor inicial	5.30 ± 1.80	0.68 ± 0.187	33.1 ± 5.04	0.76 ± 0.127
	Variación	22 % de disminución	170 % de incremento	396 % de incremento	292 % de incremento
3	Valor inicial	5.01 ± 1.947	0.33 ± 0.123	40.0 ± 2.37	0.62 ± 0.097
	Variación	40 % de disminución	176 % de incremento	348 % de incremento	274 % de incremento

Se destaca que los suelos sobre los que se dispusieron las instalaciones de cultivo protegido poseen adecuadas condiciones para la producción agrícola, de acuerdo con los valores obtenidos en su caracterización inicial y según los criterios de Valdés Pérez *et al.*, (1995) e Irigoyen Duarte (2005, comunicación personal).

La disminución del contenido de materia orgánica implica afectaciones al suelo en sus propiedades principales, (Roche, 1970).

Influye en la estabilidad de los agregados y da lugar a cambios desfavorables en la estructura del suelo y con ello, a la manifestación de procesos de compactación que inciden negativamente en el drenaje y aireación del suelo y dificultan o limitan el desarrollo radical.

Browning y Milan, (1941); Marshall, (1962) y Tisdall, (1978) informaron similar evidencia, tras respectivos estudios afines. Más recientemente, lo que demuestra la vigencia o importancia de la temática, Feller *et al.*, (1991); Mas *et al.*, (1996) y Dilkova *et al.*, (1999), citados por Moreno, (2002) plantean iguales consideraciones.

Otro efecto asociado a la merma del tenor de materia orgánica en el suelo es la disminución de su capacidad de intercambio catiónico y de retención de agua, (Cairo y Fundora, 1994); el aumento del número de riegos requeridos para el manejo eficiente de las instalaciones guarda relación con esta afectación, sobre todo en siembras del período de primavera.

También afecta al *pool* de nutrientes del suelo y a la población microbiana que lo caracteriza, (Kolmans y Vásquez, 1999).

En cuanto a la conductividad eléctrica, su aumento es consecuencia de la acumulación de sales, derivadas de los fertilizantes minerales empleados en el manejo nutrimental.

Es realmente alta –Cuadro 2– la norma de fertilización establecida –Casanova *et al.*, (2003)– para la producción hortícola en Cuba, bajo régimen de cultivo protegido.

Cuadro 2. Dosis (kg/ha) de N; P₂O₅ y K₂O para producción de tomate, pimiento y pepino en condiciones de cultivo protegido; rendimiento meta (kg/m²)

Espece	Época	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Rendimiento meta
Tomate	Óptima	463.9	186.2	1069.7	14.0
	Primavera	237.6	90.0	554.7	7.0
Pimiento	Óptima	579.2	223.5	1054.9	13.0
	Primavera	343.8	180.7	619.2	7.0
Pepino	Todo el año	301.9	43.5	586.1	15.0

[Calculada a partir de Casanova *et al.* (2003)]

Arozarena, (1999), en estudios para la producción intensiva de tomate –empleando la zeoponía como tecnología de producción– obtuvo para rendimientos entre 8.15 y 10.90 kg/m², extracciones totales de nutrimentos entre los 120 y 130; 64 y 78 y entre 145 y 188 kg/ha de N; P₂O₅ y K₂O, respectivamente, que implicaron un consumo medio del orden de los 1.31 kg de N; 0.74 kg de P₂O₅ y 1.75 kg de K₂O, por tonelada de fruto producida.

La norma de fertilización que se presenta en el Cuadro 2 permite estimar –de acuerdo con los rendimientos meta propuestos– aplicaciones de poco más de tres kilogramos de nitrógeno; alrededor de kilogramo y medio de fósforo y prácticamente ocho kilogramos de potasio, por tonelada de tomate a producir, con independencia de la época de siembra.

Aunque los valores reales de extracción total bajo régimen de producción protegida, también resultarían inferiores a la correspondiente aplicación de nutrimentos, como expresión de la eficiencia lograda en el manejo de la nutrición –eficiencia notable a la que contribuyen tanto la infraestructura tecnológica, como la calidad de los híbridos cultivados–, no dejan de ser altos los niveles de consumo posibles en la tecnología.

De hecho, Arozarena *et al.*, (2002) reportan la extracción de 50.3 ± 6.89; 7.50 ± 0.671 y 65.9 ± 4.41 kg/ha de N; P y K –en similar orden– para plantas de tomate, en condiciones de cultivo protegido sobre sustratos zeolíticos, al llegar al

despunte alrededor de 80/85 ddg. Hasta ese momento, según las normas de fertirriego vigentes, la aplicación acumulada de nutrimentos es de alrededor de 120; 35 y 200 kg/ha de N; P y K, respectivamente.

Es por eso que –sin dejar de tomar en cuenta las diferencias tecnológicas existentes, así como cualquier aspecto relacionado con la calidad del ejercicio productivo– los resultados anteriores se pueden considerar como evidencia de la posibilidad del reajuste o disminución que admiten las normas de fertilización actualmente vigentes, para la producción hortícola en condiciones de cultivo protegido.

Más aún, se corresponden con los niveles de acumulación o incremento que reflejan los datos expuestos en el Cuadro 1, tanto para los tenores de fósforo asimilable y potasio intercambiable, como para la conductividad eléctrica.

Igual preocupación han expresado Armenta-Bojórquez *et al.*, (2001) a partir de estudios de nutrición del tomate bajo condiciones de fertirriego, al considerar excesivas para la especie vegetal, cantidades similares a las aplicadas en este estudio y comentar la posibilidad de afectaciones al suelo por esa causa.

Dos factores –relacionados con el manejo tecnológico– inciden fuertemente en la variación detectada: el carácter estacionario de las instalaciones que impide posibles efectos positivos o atenuantes asociados a las lluvias y la explotación continua o permanente, porque la rentabilidad de las mismas se fundamenta –criterio cuestionable– en que se mantengan cultivadas ininterrumpidamente.

El aumento de la conductividad eléctrica es uno de los mayores inconvenientes en el manejo de suelos sometidos a prácticas de producción intensiva (Nelson, 1991 y Papadopoulos, 1991) y reduce la eficiencia de la fertilización, lo que se manifiesta en la disminución de los rendimientos agrícolas.

Alfonso y Monedero (2004), lo refieren entre las formas de degradación cualitativa de los suelos, cuando se asocian a la disminución de su fertilidad. Autores como Frómata (1983) han citado a esta propiedad entre las que expresan modificaciones de la calidad productiva de suelos Ferralíticos Rojos, resultantes de incorrectas prácticas de manejo agrícola.

Respecto al contenido de fósforo asimilable, se observa que los valores iniciales se clasifican como altos para la producción hortícola, según Valdés Pérez *et al.*, (1995) e Irigoyen Duarte, (2005; comunicación personal).

O sea que la aplicación del elemento, se ha hecho sin tomar en cuenta la fertilidad natural del suelo respecto al mismo: esto es expresión de una debilidad de estos sistemas de producción, ya que no cuentan con estrategias de manejo nutrimental desarrolladas en función de las características edafológicas del país. Monedero *et al.*, (2004), también han insistido en esa problemática, tras realizar estudios sobre cultivo protegido, en áreas representativas de más del 85 % de los suelos, sobre los que se distribuyen esas instalaciones en las provincias habaneras.

Otro aspecto importante es que el exceso de P puede crear desbalances en el estado nutrimental de los cultivos; también hay que tener en cuenta que los fertilizantes fosfóricos, según su origen, contienen Cd y que este elemento es un agente contaminante.

Muñiz *et al.*, (2004) han llamado la atención sobre esta situación, en suelos cubanos del mismo agrupamiento genético.

Respecto a la determinación del contenido de potasio intercambiable –una de las formas del elemento de mayor importancia en la nutrición vegetal–, los resultados de la caracterización inicial son altos, según Valdés Pérez *et al.*, (1995).

Esto admite una interpretación semejante a la hecha acerca del contenido propio de fósforo asimilable, en las áreas seleccionadas para colocar las instalaciones.

Los incrementos posteriores –debidos a la fertilización reiterada– pueden tener efectos negativos en la absorción radical de calcio y magnesio, por antagonismo intercatiónico y dar lugar a desbalances nutrimentales en las plantas, (Valencia-Aristizábal y Arcila-Pulgarín, 1977; Papadopoulos, 1991).

Cuadro 3. Análisis microbiológico (microorganismos totales)

Área de la instalación	Concentración total (UFC/g de suelo)
Exterior	$3.54 \text{ a } 4.50 \times 10^7$
Interior	$3.18 \text{ a } 6.85 \times 10^6$

El empobrecimiento del suelo respecto a su contenido de materia orgánica juega un papel decisivo en los resultados que se muestran en el cuadro anterior.

Primavesi (1990) señaló oportunamente la relación existente entre la actividad y diversidad de la microflora del suelo y los aportes de materia orgánica al mismo.

En condiciones de cultivo protegido, se acrecientan los procesos de mineralización de la materia orgánica –fundamentalmente debido a las altas temperaturas, (Rivera, Martín y Pérez, 1999), que se alcanzan en el interior de las instalaciones– sin que sea una práctica común la reposición o aplicación de portadores de la misma al suelo.

Otro factor que afecta a la vida microbiana es la aplicación casi permanente de fertilizantes minerales. Riverol (1984) y Labrador y Altieri (1994) han planteado que el uso reiterado –y en el caso de esta tecnología, eventualmente excesivo– de agroquímicos impacta negativamente en los microorganismos del suelo: efectos

residuales de los fertilizantes; variaciones en el pH y en el potencial REDOX; acumulación de sales, etc., (Flores-García *et al.*, 1995).

Esta tendencia no contradice la evidencia de que la fertilización mineral estimula al crecimiento y desarrollo de los microorganismos en el suelo –Guerrero *et al.*, (1998)– al proporcionar nutrientes indispensables para la actividad microbiana; si bien esto también implica el gasto creciente de las reservas energéticas del suelo –materia orgánica– y da lugar a la degradación del mismo, si no se efectúan aplicaciones complementarias de los correspondientes portadores.

De hecho, aún en las condiciones de altas temperaturas propias de estos sistemas de cultivo, la actividad microbiana de los biofertilizantes puede resultar efectiva, cuando se realiza una adecuada fertilización órgano mineral. Así, Dibut *et al.*, (2003) reportan respuestas favorables a la aplicación del biopreparado DIMARGÓN® a plantas de pimiento y tomate en condiciones de invernadero –45°C– en Murcia, España.

Esta es la base de la propuesta de Franzluebber, Zuberer y Mhons, (1995), al sugerir el uso de la actividad de la biomasa microbiana, como indicador o estimador de la fertilidad y calidad de los suelos.

Castañeda (2005, comunicación personal) también señala que la quimización de los suelos puede dar lugar a desbalances en la presencia y, consecuentemente en la actividad, de microorganismos autóctonos.

Es importante señalar que el agrupamiento genético al que pertenece el suelo en estudio representa, en las condiciones del país –según Martínez, Palenzuela y Chang, (1981)–, al de mayor intensidad cuantitativa y diversidad cualitativa respecto a los microorganismos heterótrofos presentes en la microflora natural de los suelos: eso permite esperar que la misma afectación en suelos de otros

agrupamientos, –sobre los cuales también se distribuyen instalaciones de cultivo protegido en Cuba– resulte superior en magnitud y efectos.

Los resultados analizados hasta aquí –Cuadros 1, 2 y 3– sustentan el empleo de las variables evaluadas, como posibles indicadores de impacto para conocer el efecto que la tecnología ejerce sobre el agroecosistema suelo.

4.2 Alternativas de manejo nutrimental para la reducción del consumo de agroquímicos

4.2.1 Fertilización órgano mineral: selección de dosis de portador de materia orgánica

El cuadro siguiente contiene los valores de altura alcanzada por las plantas de tomate hasta inicio de cosecha y los resultados del análisis de regresión lineal que describe la dinámica de crecimiento hasta ese momento.

La incorporación de estiércol vacuno como fuente de materia orgánica, a un suelo afectado en sus propiedades y calidad de la forma descrita en el acápite anterior, se puede considerar como práctica mejoradora de sus potencialidades como sostén del crecimiento y desarrollo de las plantas.

Cuadro 4. Tomate Híbrido FA 180. Esquema de tratamientos. Altura de las plantas (cm; media $\pm$ s) y análisis de regresión lineal Altura vs Tiempo.

Variante	% Fertilización mineral	Estiércol (kg/m ²)	Altura 70 ddt	Análisis de regresión lineal	
				b	R ²
1	100	0	186.0 $\pm$ 10.79	3.50	0.996**
2	75	7.5	231.2 $\pm$ 6.18	4.63	0.986**
3	75	15	226.7 $\pm$ 9.83	4.47	0.986**
4	75	22.5	234.5 $\pm$ 3.94	4.70	0.983**
5	75	30	233.1 $\pm$ 2.80	4.68	0.982**

b: coeficiente de regresión; R²: coeficiente de determinación

ddt: días después del trasplante

** estadísticamente significativo al 0.01

Por eso resulta lógico que en los tratamientos en que se aplicó materia orgánica, la respuesta vegetal –en términos de crecimiento total y su velocidad– haya sido superior; sin embargo, la respuesta es más a la aplicación o no del enmendante, que al incremento de sus dosis.

La explicación está en los factores que inciden en los procesos de interacción estiércol vacuno-suelo y en la magnitud de las dosis aplicadas.

Las aplicaciones de materia orgánica, como práctica de manejo en la agrotecnología, son recomendadas también por Casanova *et al.*, (2003) y en consecuencia, Vega *et al.*, (2004), las evalúan en su trabajo pero ambos coinciden en la propuesta de dosis no superiores a los 3 Kg/m² y no asocian a esa práctica con la reducción del consumo de fertilizantes. Igual información brindan Monedero *et al.*, (2004), al reseñar aspectos sobre el manejo del suelo en la tecnología.

Al parecer, esos niveles de aplicación no resultan suficientes para la obtención de efectos notables sobre las plantaciones, debido a las condiciones imperantes en el interior de los túneles o casas de cultivo; al carácter intensivo de los procesos que en ellos transcurren y a la alta demanda nutrimental a satisfacer.

Valga como ejemplo que avala las anteriores consideraciones, el reporte de Guevara *et al.*, (2004), quienes evalúan como ventajosa, la respuesta a aplicaciones de 3 kg/m² de abono orgánico en instalaciones de cultivo protegido –tomate y pepino– pero no alcanzan los rendimientos meta de cada cultivo.

Las dosis ensayadas en el estudio que se discute en este documento superan ampliamente a ese valor: tiene sentido entonces que ya con la aplicación de 7.5 kg/m² se alcance un nivel de suficiencia y que la respuesta vegetal –en crecimiento y desarrollo– se mantenga estable para dosis superiores.

Debe considerarse que la materia orgánica libera nutrientes hacia la solución del suelo, lentamente, (Cadahía,1994): en correspondencia con la demanda de los cultivos. Igual tendencia se manifestó en cuanto a la entrada en cosecha, que para el testigo de producción (71 ddt), ocurrió dos días después de iniciada la recolección de frutos, en el resto de las variantes experimentales.

Sin embargo, las aplicaciones de portadores de materia orgánica al suelo, también tienen un límite en la expresión de sus efectos favorables. Por ejemplo, Adams (1974) –citado por Portieles, Arteaga y Mojena, (1985)– demostró que la aplicación excesiva de estiércol en pastos provocaba efectos negativos en los rendimientos, similares a los asociados a dosis excesivas de N, mientras que Arozarena, Muñiz y Alfonso, (1985) señalan que el exceso de cachaza en suelos Ferralíticos Rojos origina –como consecuencia del aumento en los contenidos de Zn y P asimilables– reducciones en la disponibilidad de Mn y Cu.

Cuadro 5. a) Respuesta a la fertilización órgano mineral. Tomate: Altura final (cm); dinámica de crecimiento; rendimiento agrícola (kg/m²) y calidad comercial de la cosecha (%). Híbrido: FA 180. Período: Primavera/2001.

Variante	Media $\pm$ s	Composición del rendimiento (%)		
		Selecta y primera	Segunda	Total comercializable
1	7.42 $\pm$ 0.639	52	45	97
2	8.52 $\pm$ 0.477	80	16	96
3	8.09 $\pm$ 0.998	76	19	95
4	7.62 $\pm$ 0.514	75	19	94
5	7.73 $\pm$ 0.836	62	23	85

b) Análisis de Regresión: Rdto. Tomate (kg x m⁻²) vs Dosis Portador de Materia Orgánica (kg estiércol x m⁻²)

$$Y = 7.46 - 1.95 X + 2.77 X^{0.75} \quad R^2 = 0.784^*$$

$$X_{crítica} = 9.6 \text{ kg x m}^{-2} \text{ para } Y_{máxima} = 8.29 \text{ kg x m}^{-2}$$

$$X_{propuesta} = 7.5 \text{ kg x m}^{-2} \text{ para } Y_{calculada} = 8.27 \text{ kg x m}^{-2}$$

El rendimiento agrícola obtenido con la dosis de 7.5 kg/m² –Cuadro 5– supera ligeramente al logrado con el 100 % de la fertilización mineral y aventaja a ese tratamiento, en la producción de calidad superior. Esta tendencia resulta de particular importancia dadas las características del mercado al que se dirigen estas producciones.

No obstante, los tratamientos en que se realizaron las mayores aplicaciones de materia orgánica, no alcanzaron similares resultados, lo que reafirma el criterio de que la incorporación del enmendante orgánico al suelo ha de tener un valor límite en cuanto a dosis.

Yagodin *et al.*, (1986) hacen consideraciones semejantes acerca de la aplicación neta de elementos nutrientes; el impacto sobre la actividad microbiana que se puede asociar a las dosis aplicadas y la intensidad y diversidad de los procesos propios de la interacción *materia orgánica-suelo-planta*, al evaluar los resultados de la fertilización órgano mineral.

Otros autores informan respuestas similares al incremento de las dosis de materia orgánica, tras estudios de fertilización órgano mineral con especies de importancia económica.

Guzmán, Deroncelé y Aguilera, (1979), por su parte, al estudiar la fertilización órgano mineral (estiércol vacuno) en papa, no encontraron relación lineal entre el rendimiento agrícola y las dosis de materia orgánica aplicadas: la respuesta fue –como en el caso que nos ocupa– positiva decreciente.

Caballero *et al.*, (1997) encontraron, para la aplicación creciente de humus de lombriz en suelos Pardos con carbonatos, una respuesta constante o uniforme luego de aplicar la tercera de las seis dosis evaluadas.

Esta tendencia guarda relación con el hecho de que la cantidad de materia orgánica incorporada, no es directamente proporcional a la velocidad de su descomposición en el suelo; al menos para los valores de aplicación que aquí se discuten.

Es presumible que –también como resultado de las condiciones ambientales creadas dentro de los túneles: temperatura y humedad relativa, básicamente– se alcance una tasa de mineralización estable, que a la vez que aporta nutrimentos al cultivo, también satisfaga a la demanda de energía, carbono y minerales de las sucesivas poblaciones de microorganismos presentes en el suelo.

Así, se amortigua o evita el impacto que un aumento brusco de la disponibilidad de nutrimentos –a partir del aporte neto que representa la composición del estiércol aplicado– podría tener sobre el desarrollo vegetal. Una explicación semejante brinda Cadahía, (1994), al ponderar el ya citado carácter de fertilizante de liberación lenta, atribuido a las fuentes de materia orgánica en el suelo.

La anterior hipótesis quedó demostrada, al cultivar pepino como sucesor del tomate en las instalaciones, Cuadros 6 y 7.

Nuevamente a la fertilización órgano mineral –con similar reducción del consumo de fertilizantes– correspondieron los mejores resultados.

Cuadro 6. Pepino: evaluación del efecto residual de la enmienda orgánica
Híbrido: HA 436. Período: Verano/2001. Rendimiento agrícola (kg/m²; media $\pm$ s)

Variante	% Fertilización mineral	Estiércol* (kg/m ²)	Media $\pm$ s
1	100	0	14.0 $\pm$ 0.54
2	75	7.5	11.8 $\pm$ 0.20
3	75	15	14.9 $\pm$ 0.32
4	75	22.5	16.4 $\pm$ 0.46
5	75	30	17.5 $\pm$ 0.30

* efecto residual de las aplicaciones hechas para el cultivo antecesor (tomate)

Pero el orden de mérito de los tratamientos, se invirtió respecto a la respuesta productiva obtenida con el tomate, (Cuadro 5). Si se toma en cuenta que en este caso, no se repitió la incorporación al suelo del portador de materia orgánica y únicamente se fertirrigó –100 % y 75 % de la norma–, resultará fácil asociar la respuesta obtenida, al efecto residual de las dosis de estiércol estudiadas.

Es decir, si a la dosis mínima de estiércol corresponde el menor rendimiento y a la máxima, el valor superior para igual indicador es porque el efecto sobre la variable de respuesta escogida, se debió a la transformación en el suelo, de las cantidades remanentes de portador orgánico.

Esto indica que 7.5 kg/m² es una cantidad suficiente para lograr una respuesta vegetal favorable, en las condiciones definidas de reducción del 25 % de la fertilización mineral; sin embargo, su efecto no trasciende a una campaña o ciclo de cultivo, lo que se evidencia en el hecho de que le corresponde el menor valor de rendimiento, entre los alcanzados mediante manejo órgano mineral.

Este resultado es coincidente con la insuficiencia anteriormente comentada –en esta tecnología– para dosis inferiores de portadores de materia orgánica (Guevara *et al.*, (2004) y Vega *et al.*, (2004), por ejemplo), en el cultivo de tomate y pepino.

Igualmente se coincide con Monedero *et al.*, (2004), quienes plantean como insuficientes –en sus efectos sobre la conservación de la calidad agrícola del suelo– dosis de hasta 3 kg/m² de materia orgánica, bajo condiciones de cultivo protegido.

Estos resultados concuerdan con los de Portieles, Arteaga y Mojena (1985) quienes demostraron la conveniencia de la aplicación continuada de estiércol vacuno, sobre el rendimiento y calidad de pasto pangola y citan –con igual tendencia– a Scaife, (1971) y a Adams, (1973), en estudios similares con maíz y maní, respectivamente.

Otras variables evaluadas, Cuadro 7, fueron el largo de la guía principal, así como el largo y diámetro de los frutos.

Cuadro 7. Pepino: evaluación del efecto residual de la enmienda orgánica Híbrido: HA 436. Período: Verano/2001. Datos de la planta y del fruto

Variante	Largo guía principal (cm; 50 ddg)	Largo de frutos (cm)	Diámetro de frutos (cm)
1	181.5 ± 6.28	20.4 ± 1.70	4.9 ± 0.51
2	170.5 ± 5.47	20.7 ± 1.86	4.7 ± 0.37
3	183.0 ± 7.08	20.8 ± 1.15	4.9 ± 0.43
4	194.1 ± 6.91	20.6 ± 0.96	4.9 ± 0.40
5	199.0 ± 8.74	21.2 ± 1.50	5.0 ± 0.38

El largo de la guía principal mostró un comportamiento similar al reseñado en el Cuadro 6 para el rendimiento, lo que avala la discusión hecha en cuanto a la residualidad del estiércol en el suelo, ya que esta mayor formación de biomasa, se debe a la disponibilidad de nutrimentos y a las condiciones favorables propiciadas con la incorporación de materia orgánica. No obstante, el resto de las variables no resultó influenciado por las prácticas de manejo; esta respuesta es consecuente con la estabilidad genética que caracteriza a los genotipos de uso común en la

agrotecnología, (Gálvez *et al.*, 2004). También es indicadora de que el manejo nutrimental empleado garantiza un adecuado balance o disponibilidad de nutrientes en el suelo y con ello, la expresión plena de las características de los materiales sembrados.

La confirmación de que la dosis de 7.5 kg de portador de materia orgánica por metro cuadrado, junto al 75 % de la norma de fertirriego vigente –Casanova *et al.*, (2003)– es adecuada como práctica de manejo nutrimental, se obtuvo a partir de la respuesta productiva de tomate, en época óptima de siembra, Cuadros 8 al 10.

Se puso de manifiesto un favorable balance en la disponibilidad en el suelo de nutrimentos y sustancias estimuladoras (reguladores del crecimiento, vitaminas, azúcares, aminoácidos, péptidos de bajo peso molecular, etc.), a partir de la presencia combinada o simultánea de estructuras minerales de absorción inmediata y sustancias producto de la actividad biológica, propia de los microorganismos componentes de la flora normal del portador orgánico.

Cuadro 8. Tomate: validación de la fertilización órgano mineral en época óptima. Híbrido: FA 180; Período: Frío 2001/2002. Altura de plantas (21 ddt a decapitado).

Ddt	Fertilización mineral (100 %)	Fertilización órgano mineral
21	26.6 ± 1.92	35.9 ± 3.62
28	57.4 ± 3.94	64.8 ± 5.17
35	74.4 ± 2.26	89.3 ± 3.80
42	98.6 ± 3.00	116.2 ± 2.57
49	120.4 ± 4.07	139.7 ± 3.77
56	143.6 ± 5.66	161.2 ± 4.12
63	166.6 ± 3.52	Decapitado
b (cm/día)	3.25	3.60
R ²	0.997**	0.998**

La mayor velocidad de crecimiento obtenida en el tratamiento en que se realizó la práctica órgano mineral es una resultante de esa situación y prueba que en tales

condiciones, se incrementa la eficiencia de los procesos relacionados con el desarrollo vegetal.

Muy importante el adelanto de las fenofases que se logra respecto al testigo de producción. Especialmente la conclusión de la cosecha permite –en las condiciones de fertilización órgano mineral– ganar tiempo a favor de la comercialización de la misma y también, a los efectos de la explotación de la instalación incide positivamente en su eficiencia.

De hecho, las tendencias predominantes en la producción hortícola intensiva, actualmente, expresan preferencia por la precocidad de la producción antes que por su volumen.

Otra ventaja asociada a la reducción del ciclo de cultivo radica en el tiempo disponible, para la ejecución de actividades de carácter agroecológico –desconocidas actualmente en estas instalaciones, por la continuidad de los ciclos de siembra de sus cultivos principales– como la solarización y la siembra de cultivos trampa contra nematodos.

Cuadro 9. Tomate: validación de la fertilización órgano mineral en época óptima Híbrido: FA 180. Período: Frío 2001/2002. Fenofases del cultivo (ddt)

Fenofase	Fertilización mineral	Fertilización
	(100 %)	órgano mineral
Aparición de botones	20 – 21	18 – 19
Inicio de la floración	30 – 31	28 – 29
Inicio de fructificación	40 – 41	38 – 39
Inicio de la cosecha	68 – 69	68 – 69
Término de la cosecha	123 – 124	106 – 107

Cuadro 10. Tomate: validación de la fertilización órgano mineral en época óptima Híbrido: FA 180. Período: Frío 2001/2002. Rdto. agrícola (kg/m²) y % de frutos con calidad superior.

Variante	Rendimiento agrícola	Frutos de calidad superior
Fertilización mineral (100 %)	13.1 ± 1.45	87
Fertilización órgano mineral	12.8 ± 1.25	85
F experimental	0.074 ^{ns}	-
F significativa (5 %)	7.71	-

A los efectos del rendimiento agrícola, la materia orgánica complementó la respuesta vegetal al fertirriego, como ocurrió durante las campañas anteriormente discutidas –tomate y pepino– lo que permite afirmar que los efectos favorables obtenidos son independientes de la especie vegetal y de la época de siembra.

También es evidencia de la posibilidad de adaptación a formas de manejo agroecológico, presente en los híbridos empleados en la tecnología. En resumen, las plantas con manejo órgano mineral de la nutrición reflejaron en su respuesta las ventajas atribuidas al empleo de esta clase de enmienda de los suelos, (Ibáñez, 1998).

Resultados semejantes fueron obtenidos por Aguirre *et al.* ,(1994) y Barreto *et al.* , (2000), en estudios sobre aplicaciones de materia orgánica en suelos hortícolas y de olivares, respectivamente.

4.2.2 Respuesta vegetal a la aplicación de microorganismos biofertilizadores y bioestimulante FitoMas

La aplicación de materia orgánica al suelo, también crea condiciones favorables para el empleo de microorganismos beneficiadores del suelo y los cultivos, lo que constituye vía para aumentar su valor agregado.

Esa forma de uso mejora la respuesta vegetal al manejo órgano mineral y a la vez acerca a la agrotecnología, a prácticas propias de la agricultura sostenible. En los Cuadros 11 y 12, se presentan los resultados de ese tipo de manejo en la producción de tomate en época de primavera.

El esquema de coinoculación aplicado tuvo su antecedente en experiencias de Lino *et al.*, (2004), con tomate en condiciones de organopónico; además se atendieron recomendaciones de Martínez Viera *et al.*, (2002), así como resultados de Barea y Bonis (1985) y Kapulnick y Douds (2000), citados por Terry, (2004).

La no evaluación independiente de cada microorganismo responde a su reconocido aval como biostimulantes del crecimiento, desarrollo y rendimiento de las plantas y a que su aplicación individual goza de reconocida validación técnica entre productores y especialistas.

Cuadro 11. Tomate: Respuesta a la biofertilización y la bioestimulación. Esquema de tratamientos. Híbrido: FA 180. Periodo: Primavera 2002. Altura de las plantas (cm) y análisis de regresión lineal Altura vs Tiempo.

Variante	Altura final	Coefficiente de regresión (b)	Coefficiente de determinación (R ²)
1.- 75 % fertilización mineral			
+ 7.5 kg/m ² de MO	201.8 ± 5.98	4.30	0.984**
2.- 75 % fertilización mineral			
+ 7.5 kg/m ² de MO +			
biofertilizantes + FitoMas	222.8 ± 2.32	4.95	0.980**

** estadísticamente significativo al 1 %

Cuadro 12. Tomate: Respuesta a la biofertilización y la bioestimulación. Híbrido: FA 180. Periodo: Primavera 2002. Rendimiento agrícola (kg/m²) y % de frutos con calidad superior

Variante	Rendimiento*	Frutos calidad superior
1	8.42 ^b	77
2	10.83 ^a	84
F experimental	10.37*	-

F significativa (5 %)	7.71	-
* promedio de dos campañas		

La información anterior evidencia que la fertilización mineral puede ser complementada eficazmente, con alternativas de manejo menos impactantes sobre el medio ambiente; Madrid Vicente *et al.*, (2005) señalan las ventajas que tiene la fertilización con base orgánica respecto al fertirriego, en explotaciones agrícolas intensivas y reconocen que la menor concentración iónica en el suelo reduce la conductividad eléctrica y mejora la extracción de nutrientes por las plantas, algo necesario en estos suelos a partir de lo reseñado en el Cuadro 1. También se coincide con Serrano, Curiel y Ayala, (1995) quienes demuestran la eficiencia de los biofertilizantes en sistemas de manejo órgano mineral y concluyen que una de las principales ventajas de su uso radica, precisamente, en la reducción del consumo de fertilizantes minerales que posibilitan.

Como estrategia, en la tecnología de cultivo protegido, el empleo de los biofertilizantes –en consideración del autor– no deberá dirigirse hacia el incremento de los rendimientos, a partir de su aplicación junto a las dosis actualmente recomendadas de fertilizantes minerales: deberá orientarse hacia la disminución racional de esos niveles de consumo, como vía de contribuir –junto a otras prácticas igualmente necesarias y aún no presentes en esa cadena productiva– a la sostenibilidad de la tecnología de producción.

Semejantes reflexiones son hechas por Planes-Leyva *et al.*, (2004) en estudios acerca del papel que juegan los biofertilizantes en una agricultura sostenible.

4.3 Fertilizantes de liberación lenta: evaluación de la respuesta a su empleo.

4.3.1 Ensayo en macetas

a) Validación agronómica del empleo de fertilizante de liberación lenta

En los Cuadros 13 y 14 aparecen los valores de la medición de las variables de respuesta: altura de las plantas al inicio de la fructificación, (60 ddg); coeficientes

de regresión (b) y determinación (R^2) para el análisis de regresión lineal altura vs tiempo; número total de flores (F) y % de fructificación (FR) y los días a inicio de floración y a inicio de fructificación, de los tratamientos **1** y **6** del esquema presentado en Materiales y Métodos, página 24.

La altura final de las plantas y su dinámica de crecimiento hasta el inicio de la fructificación evidencian similar respuesta, con independencia de los tratamientos en estudio.

Eso significa que el aporte de nutrimentos a partir del fertilizante de liberación lenta –en cantidad y momento– es equivalente en efectos, al de la fertirrigación.

Cuadro 13. Tomate: Híbrido FA 180. Validación de fertilizantes de liberación lenta. Esquema de tratamientos. Altura (cm.) y análisis de regresión lineal Altura vs. Días

Variante	Altura (cm)	b	R^2
100 %fertilización mineral (fertirriego)	58.7 ± 2.16	1.69	0.957*
100 % fertilización mineral (fertilizante de liberación lenta)	58.3 ± 1.71	1.67	0.947*

Sin embargo, no bastan estos indicadores para justificar el empleo del nuevo fertilizante. En ese sentido, el Cuadro 14 brinda información que refleja la respuesta vegetal, también a un adecuado balance o interacción nutrimental.

Cuadro 14. Tomate: Híbrido FA 180. Validación de fertilizantes de liberación lenta. Formación de órganos reproductivos e indicadores fenológicos (ddg)

Variante	F	% de FR	Inicio de floración	Inicio de fructificación
100 % fertilización mineral (fertirriego)	16.7 ± 0.91	91.4	45 – 46	60 – 61
100 % fertilización mineral (fertilizante de liberación lenta)	17.1 ± 1.17	93.3	46 – 47	61 – 62

El número de flores formadas y el por ciento de fructificación son variables que reflejan –de acuerdo con la calidad del genotipo sembrado– un adecuado status nutrimental; los resultados muestran que ambas vías de suministro son similares, desde el punto de vista de la fisiología del cultivo.

De igual modo son discutidas las semejanzas entre fertilizantes convencionales y fertilizantes de liberación lenta por Sauchelli, (1970) y James, (1971), al evaluar los efectos de su aplicación sobre el rendimiento y el crecimiento y desarrollo de los frutos, en cultivos de importancia agrícola.

Lo anteriormente discutido, se ratifica al analizar la dinámica de producción y distribución de materia seca, Cuadro 15.

Esta actividad –según Barraza, Fischer y Cardona, (2004)– comprende una serie de cambios y reacciones bioquímicas, de las que dependen en última instancia el comportamiento agronómico y la expresión del rendimiento potencial de las plantas; para Rodríguez, (2000) refleja la interacción que se establece entre la actividad fisiológica vegetal y factores del agroecosistema, como la radiación solar y el suministro de agua y nutrimentos.

La falta de diferencias estadísticas en el Cuadro 15 –periodo total de experimentación– implica coincidencia en la eficiencia en la producción de biomasa por unidad de tiempo, lo que supondría de acuerdo con Hunt, (1990) igualdad en la producción de órganos de interés para la cosecha y por extensión, en el rendimiento.

Cuadro 15. Tomate: Híbrido FA 180. Validación de fertilizantes de liberación lenta. Análisis del crecimiento. Período: trasplante a inicio de fructificación.

Variante	TAC (mg/día)	TRC (mg/g/día)	TAN (mg/cm ² /día)
100 % fertilización mineral (fertiliriego)	421.7 ± 7.23	79.3 ± 0.58	4.54 ± 0.880
100 % fertilización mineral (fertilizante liberación lenta)	419.3 ± 8.08	78.0 ± 1.00	4.52 ± 0.106
F experimental	0.147 ^{ns}	3.76 ^{ns}	0.0467 ^{ns}
F significativa (5 %)	7.71	7.71	7.71

Wallace, Ozburn y Munger, (1972) señalaron que las diferencias entre tratamientos, para un índice fisiológico como la tasa relativa de crecimiento son expresión de diferencias en la calidad genética de los materiales en estudio; es decir, que el seguimiento de un mismo genotipo en condiciones de manejo agronómico equivalentes debe arrojar resultados similares.

Sobre esta base pueden ser interpretados los correspondientes resultados del anterior cuadro.

Es lógico en consecuencia que resulten similares, también, los resultados para la tasa de asimilación neta: la analogía entre el aporte nutrimental propio de cada forma de fertilización –y de la respuesta vegetal en cada caso– expresada hasta aquí, se manifestó igualmente en el incremento del área foliar por unidad de tiempo.

Prueba de lo anterior es la similitud entre los respectivos resultados discutidos en los Cuadros 13 y 14.

Esa tendencia –igual a la reportada por Burboa *et al.*, (1996) y Tiftonell, De Grazia y Chiesa, (2002) a partir de estudios similares– se repite para la variable Relación

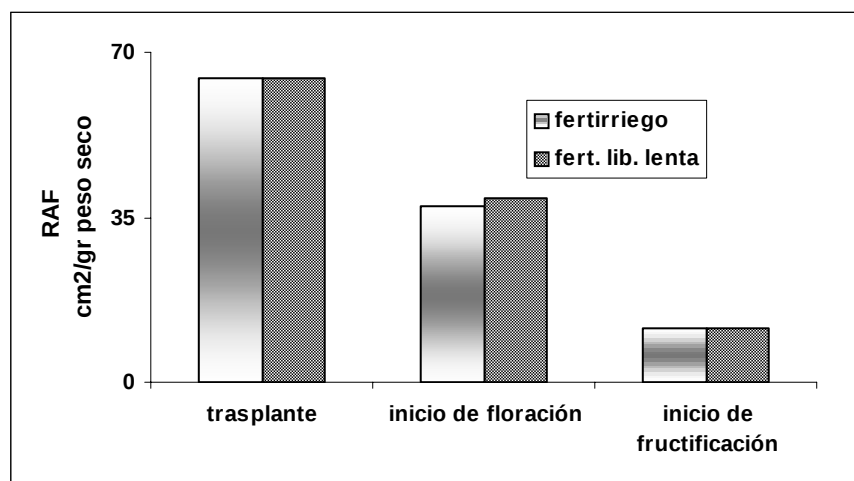
de Área Foliar (RAF), Figura 1, que ilustra la variación de la magnitud del aparato fotosintetizador a lo largo del ciclo de cultivo.

Este indicador alcanzó sus mayores valores en el momento del trasplante, disminuyéndolos hacia el inicio de la floración, para expresar similar tendencia al comienzo de la fructificación.

Eso se debe a que en las primeras etapas del crecimiento vegetativo, las plantas dirigen la mayor cantidad de fotoasimilados, hacia la formación y desarrollo de su sistema fotosintetizador –Palomo *et al.*, (2003).

Rincón *et al.*, (2005) plantean igual correspondencia entre las variaciones observadas en los valores del índice de área foliar y de la tasa relativa de crecimiento, como resultado de la absorción de nutrimentos en plantas de *Cynara scolymus*, L.

Figura 1. Tomate: Híbrido FA 180. Validación de fertilizantes de liberación lenta. Relación de área foliar vs Fenofases del cultivo.



Al término de la fase de crecimiento vegetativo, la acumulación de la materia seca producida –hojas + tallos + raíces– incluye además a los órganos de la reproducción, de reciente formación y lógicamente disminuye la contribución específica del peso seco del área foliar, a la biomasa total acumulada por la planta.

Posteriormente –a los procesos de floración y fructificación– se suma la pérdida por senescencia de parte de las hojas de la planta y se reduce aún más, el valor de la variable de respuesta evaluada.

Téngase en cuenta que, según Fogg, (1967), durante la fase reproductiva, la formación y crecimiento de flores y frutos es prioritaria, a los efectos de la traslocación y consumo de fotoasimilados.

Este patrón de respuesta también ha sido informado por Smith y San José, (1979) y Barraza, Fischer y Cardona, (2004).

Los valores obtenidos, no reflejan diferencias entre las formas de manejo nutrimental ensayadas, lo que también indica que, tanto la formulación del fertilizante de liberación lenta como su elaboración resultaron correctas.

En otro orden de cosas debe señalarse que el empleo de fertilizantes de liberación lenta en el ámbito nacional, no resulta desconocido pero las referencias mayoritariamente citan estudios acerca del recubrimiento de urea, con el objetivo de evitar pérdidas de nitrógeno por volatilización, (Palacios, 1976; John *et al.*, 1993; Muñiz *et al.*, 1993, entre otros).

Con esto queda demostrada la posibilidad de uso de fertilizante de liberación lenta, como alternativa al fertirriego: procede entonces la selección de la forma más adecuada de su aplicación, en condiciones de producción.

b) Selección de variante a evaluar en condiciones de producción

1.- Interacción de la materia orgánica y de los biofertilizantes con cada forma de fertilización mineral

Los Cuadros 16 al 20 contienen la información correspondiente a este acápite.

Cuadro 16. Fertilizante de Liberación Lenta. Tomate: Híbrido FA 180. Selección de variante para ensayo de producción. Esquema de tratamientos. Altura de las plantas (cm) 60 ddg. Incremento respecto al testigo de producción (TP).

Variante	% de incremento
100 % Fertilización Mineral (fertirriego) + M. O.	33
100 % Fertilización Mineral (fertirriego) + M. O. + Bf	40
100 % Fertilización Mineral (fertilizante liberación lenta) + M. O.	16
100 % Fertilización Mineral (fertilizante liberación lenta) + M. O. + Bf	36
75 % Fertilización Mineral (fertirriego) + M. O.	13
75 % Fertilización Mineral (fertirriego) + M. O. + Bf	38
75 % Fertilización Mineral (fertilizante liberación lenta) + M. O.	12
75 % Fertilización Mineral (fertilizante liberación lenta) + M. O. + Bf	36

Valores de referencia para la altura:

TP fertirriego (100 % Fert. Min.) = 58.7 ± 3.01

TP fertilizante lib. lenta (100 % Fert. Min.) = 58.3 ± 2.71

Independientemente de la forma de realizar la fertilización mineral, los resultados evidencian en cualquier caso la mejora de la respuesta vegetal, al incluir la aplicación de materia orgánica y un incremento superior al simultanear esa práctica, con el uso de biofertilizantes.

Esta tendencia coincide con criterios de Aguirre *et al.*, (1994) y Sánchez *et al.*, (1998), tras evaluar variantes de fertilización orgánica frente a la convencional, en lechuga y almendra, respectivamente y es igual a la observada en la etapa de selección de la dosis de portador orgánico a aplicar, bajo régimen de producción, (Cuadros 4 y 5).

Cuadro 17. Fertilizante de Liberación Lenta. Tomate: Híbrido FA 180. Selección de variante para ensayo de producción. Tasa Absoluta de Crecimiento (mg/día) en dos periodos del ciclo vegetal. Incremento respecto al testigo de producción (TP).

Variante	% incremento (a)	% incremento (b)
100 % Fertilización Mineral (fertirriego) + M. O.	48	54
100 % Fertilización Mineral (fertirriego) + M. O. + Bf	90	136
100 % Fertilización Mineral (fertilizante liberación lenta) + M. O.	18	44
100 % Fertilización Mineral (fertilizante liberación lenta) + M. O. +Bf	42	114

Variante	% incremento (a)	% incremento (b)
75 % Fertilización Mineral (fertirriego) + M. O.	40	29
75 % Fertilización Mineral (fertirriego) + M. O. + Bf	84	116
75 % Fertilización Mineral (fertilizante liberación lenta) + M. O.	17	21
75 % Fertilización Mineral (fertilizante liberación lenta) + M. O. + Bf	101	104

Valores de referencia para la TAC:

TP **fertirriego** (100 % Fert. Min.)

a) trasplante a inicio de floración = 221 ± 13.2 mg/día

b) inicio de floración a fructificación = 1250 ± 54.2 mg/día

TP **fertilizante lib. lenta** (100 % Fert. Min.)

a) trasplante a inicio de floración = 205 ± 18.7 mg/día

b) inicio de floración a fructificación = 1279 ± 36.0 mg/día

Adicionalmente se puso de manifiesto, la versatilidad de los biofertilizantes –aplicados a partir de sus productos comerciales respectivos– ya que no hubo incompatibilidad con la nueva vía de suministro de nutrientes a las plantas.

Cuadro 18. Fertilizante de Liberación Lenta. Tomate: Híbrido FA 180. Selección de variante para ensayo de producción. Tasa relativa de crecimiento (mg/g/día) en dos periodos del ciclo vegetal. Incremento respecto al testigo de producción (TP)

Variante	% incremento (a)	% incremento (b)
100 % Fertilización Mineral (fertirriego) + M. O.	27	14
100 % Fertilización Mineral (fertirriego) + M. O. + Bf	49	38
100 % Fertilización Mineral (fertilizante liberación lenta) + M. O.	17	18
100 % Fertilización Mineral (fertilizante liberación lenta) + M. O. + Bf	35	41
75 % Fertilización Mineral (fertirriego) + M. O.	24	7.5
75 % Fertilización Mineral (fertirriego) + M. O. + Bf	46	34
75 % Fertilización Mineral (fertilizante liberación lenta) + M. O.	16	6.4
75 % Fertilización Mineral (fertilizante liberación lenta) + M. O. + Bf	51	28

Valores de referencia para la TRC:**TP fertirriego (100 % Fert. Min.)**

- a) trasplante a inicio de floración = 138 ± 12 mg/g/día
- b) inicio de floración a fructificación = 107 ± 13.5 mg/g/día

TP fertilizante lib. lenta (100 % Fert. Min.)

- a) trasplante a inicio de floración = 130 ± 13 mg/g/día
- b) inicio de floración a fructificación = 109 ± 20.1 mg/g/día

Si para la dosis del 100 % de la fertilización mineral, los incrementos en altura, TAC y TRC son inferiores para la aplicación de fertilizante de liberación lenta –sobre todo en el periodo **a**– es porque esta forma de fertilización resultó más eficiente que su homóloga fertirriego y en consecuencia, se expresó un menor efecto respuesta a la materia orgánica y los biofertilizantes.

Esa misma superioridad explica los casos sin variación del Cuadro 19, (TAN).

Semejantes tendencias en cuanto a incremento de la eficiencia de la fertilización con empleo de fertilizantes de liberación lenta son reportadas –en fresa y tomate– por Hauck, 1996.

El criterio acerca de la conveniencia de no combinar con la dosis máxima de fertilizante mineral, las aplicaciones de materia orgánica y biofertilizantes, también queda fundamentado con los resultados aquí obtenidos.

Cuadro 19. Fertilizante de Liberación Lenta. Tomate: Híbrido FA 180. Selección de variante para ensayo de producción. Tasa de Asimilación Neta ($\text{mg}/\text{cm}^2/\text{día}$) en dos periodos del ciclo vegetal. Incremento respecto al testigo de producción (TP).

Variante	% incremento	% incremento
	(a)	(b)
100 % Fertilización Mineral (fertirriego) + M. O.	50	20
100 % Fertilización Mineral (fertirriego) + M. O. + Bf	100	80
100 % Fertilización Mineral (fertilizante liberación lenta) + M. O.	Sin variación	40
100 % Fertilización Mineral (fertilizante liberación lenta) + M. O. + Bf	Sin variación	200

Variante	% incremento (a)	% incremento (b)
75 % Fertilización Mineral (fertirriego) + M. O.	50	20
75 % Fertilización Mineral (fertirriego) + M. O. + Bf	100	60
75 % Fertilización Mineral (fertilizante liberación lenta) + M. O.	Sin variación	20
75 % Fertilización Mineral (fertilizante liberación lenta) + M. O. + Bf	Sin variación	80

Valores de referencia para la TAN:

TP fertirriego (100 % Fert. Min.)

- a) trasplante a inicio de floración = $2 \pm 0.33 \text{ mg/cm}^2/\text{día}$
- b) inicio de floración a fructificación = $5 \pm 0.17 \text{ mg/cm}^2/\text{día}$

TP fertilizante lib. lenta (100 % Fert. Min.)

- a) trasplante a inicio de floración = $3 \pm 0.25 \text{ mg/cm}^2/\text{día}$
- b) inicio de floración a fructificación = $5 \pm 0.52 \text{ mg/cm}^2/\text{día}$

Nótese que, para la variante 5, (Materiales y Métodos, página 24), los incrementos sobre la respuesta del tratamiento de referencia, siempre superan a los logrados al complementar a esta alternativa con la aplicación de materia orgánica, resultando similares a los obtenidos cuando, además, se incorporan los biofertilizantes.

Este resultado ratifica el concepto de que la mejor respuesta productiva, no sólo depende de la dosis neta de elementos aplicados a través de la fertilización mineral y que es también función de la existencia de un entorno favorable a la planta, a cuya conformación la materia orgánica y los biofertilizantes realizan una contribución decisiva.

También justifica la reducción del 25 % de la dosis de fertilizante a aplicar, tal y como se hizo para la producción de tomate y pepino, (Cuadros 5 y 6).

Cuadro 20. Fertilizante de Liberación Lenta. Tomate: Híbrido FA 180. Selección de variante para ensayo de producción. Formación de órganos reproductivos e indicadores fenológicos (ddg)

Variante	Total de flores	% de fructificación	Días a la Floración	Días a la fructificación
100 % Fertilización Mineral (fertirriego) + M. O.	18.7 ± 0.85	92.0	42 – 43	56 – 57
100 % Fertilización Mineral (fertirriego) + M. O. + Bf	20.9 ± 0.90	95.9	40 – 41	53 – 54
100 % Fertilización Mineral (fert. lib. lenta) + M. O.	19.6 ± 1.42	91.5	43 – 44	58 – 59
100 % Fertilización Mineral (fert. lib. lenta) + M. O. + Bf	21.3 ± 1.08	95.9	41 – 42	55 – 56
75 % Fertilización Mineral (fertirriego) + M. O.	18.0 ± 0.99	95.1	42 – 43	56 – 57
75 % Fertilización Mineral (fertirriego) + M. O. + Bf	19.7 ± 1.17	96.4	40 – 41	53 – 54
75 % Fertilización Mineral (fert. lib. lenta) + M. O.	17.0 ± 1.24	92.7	43 – 44	58 – 59
75 % Fertilización Mineral (fert. lib. lenta) + M. O. + Bf	21.1 ± 1.40	97.6	41 – 42	55 – 56

El número de frutos logrados es alto –como corresponde al elevado valor comercial de los genotipos cultivados mediante la tecnología– pero como variable de respuesta, también expresa las ventajas del manejo integrado de la nutrición: hay aumentos a causa de la biofertilización que ratifican las oportunidades que tienen esos bioproductos –Smith *et al.*, (1986); Dibut, (2000) y Terry (2004)– en la tecnología y señalan coincidencias con Arozarena *et al.*, (2005) quienes han planteado la necesidad de reorientar, en ese sentido, aspectos del manejo agronómico de las instalaciones de cultivo protegido en el país.

Lo visto hasta aquí, junto al adelanto de la fructificación –prácticamente una semana con el uso de biofertilizantes, respecto a las correspondientes referencias, Cuadro 14– permite afirmar que no hay diferencias entre los efectos de las distintas formas de realización de la fertilización mineral.

Más aún, deja suponer que, si con genotipos altamente consumidores de nutrientes es posible obtener respuestas favorables –y productivamente válidas–

a la reducción del suministro nutrimental, el empleo de variedades de menor demanda o consumo, con esquemas de manejo integral de similar índole –fertilización mineral + materia orgánica + biofertilizantes– debe arrojar resultados igualmente satisfactorios.

Esto da pie a la hipótesis de que es técnicamente válido –y justificable en términos de sustentabilidad– evaluar en la agrotecnología, variedades de tomate de reconocido aval productivo en la horticultura intensiva cubana –Brunet, Valle y Acosta, (1991)– como *Floradel*; *FL – 5*; *T – 60* y *Manalucie*.

Así queda identificada una demanda a satisfacer, por futuras investigaciones agrarias.

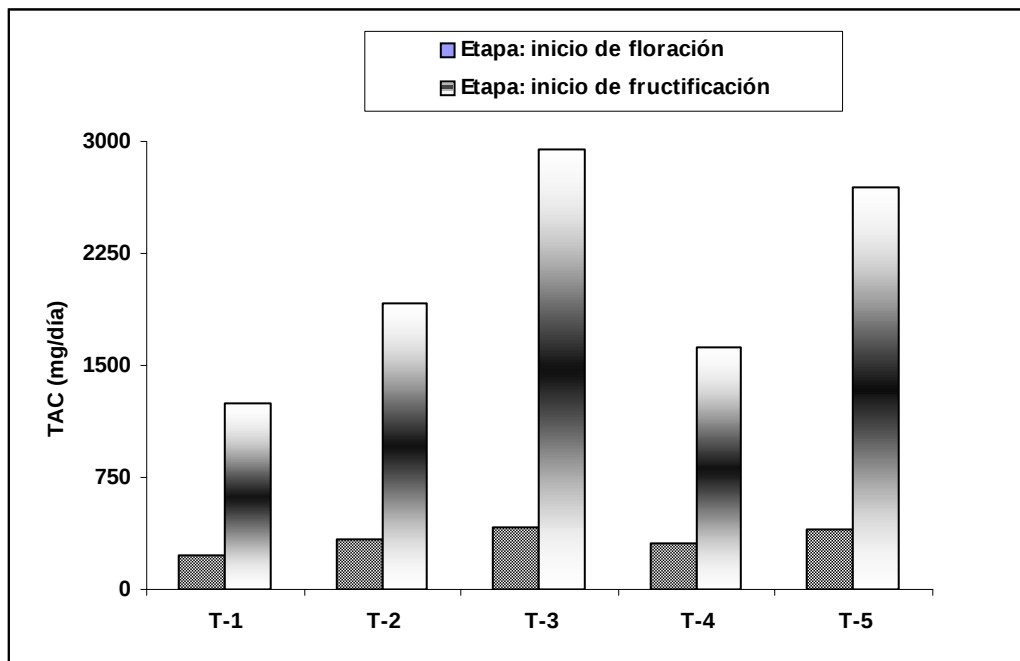
2.- Evaluación de la tendencia del crecimiento vegetal desde trasplante a inicio de floración y desde inicio de floración a inicio de fructificación

En las figuras que aparecen a continuación, se muestran las variaciones en el tiempo de las variables de crecimiento (TAC; TRC y RAF) para cada tipo de fertilización mineral realizada (fertirriego –variantes **1** al **5**– y fertilizante de fertilización lenta –variantes **6** al **10**–).

Estos resultados coinciden en tendencia con los informados por Burboa *et al.*, (1996); Gómez *et al.*, (1999) y Barraza, Fischer y Cardona, (2004) en estudios sobre alfalfa, papa y tomate, respectivamente.

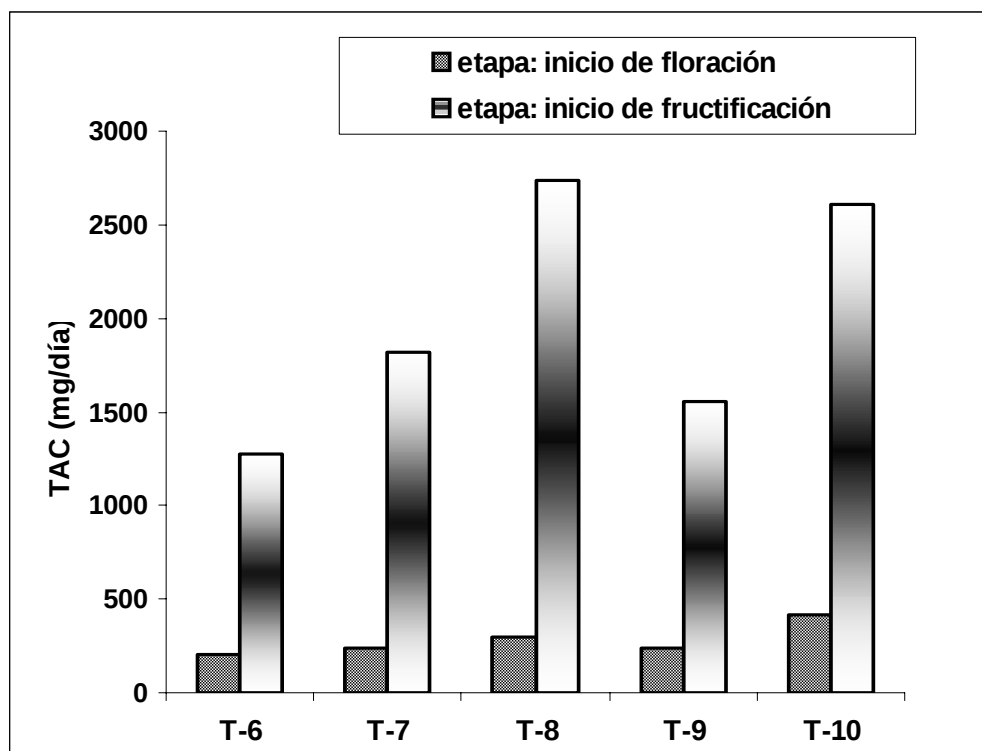
Diversos son los factores cuyos efectos se pueden evaluar a partir de las variaciones de estos indicadores. Así, Smith y San José, (1979), los asocian a la variación de dosis de fertilizantes en maíz; Palomo *et al.*, (2003), los relacionan con la concentración e intensidad de los procesos metabólicos y Tiftonell, De Grazia y Chiesa, (2002), con la calidad –en términos de retención de humedad– del sustrato.

Figura 2. Fertilizante de Liberación Lenta. Tomate: Híbrido FA 180. Ensayo en macetas. Selección de variante para ensayo de producción. TAC para tratamientos 1 al 5 en dos etapas del ciclo de cultivo.



En este caso constituyen expresión de las condiciones creadas para el desarrollo vegetal, a partir de las diferentes estrategias de manejo de la nutrición puestas en práctica.

Figura 3. Fertilizante de Liberación Lenta. Tomate: Híbrido FA 180. Ensayo en macetas. Selección de variante para ensayo de producción. TAC para tratamientos 6 al 10 en dos etapas del ciclo de cultivo.



Puede decirse que todos los indicadores de desarrollo fisiológico reflejaron la influencia de las aplicaciones de materia orgánica y de microorganismos biofertilizadores, lo que demuestra que el diseño de tratamientos fue correcto, a los efectos del objetivo propuesto.

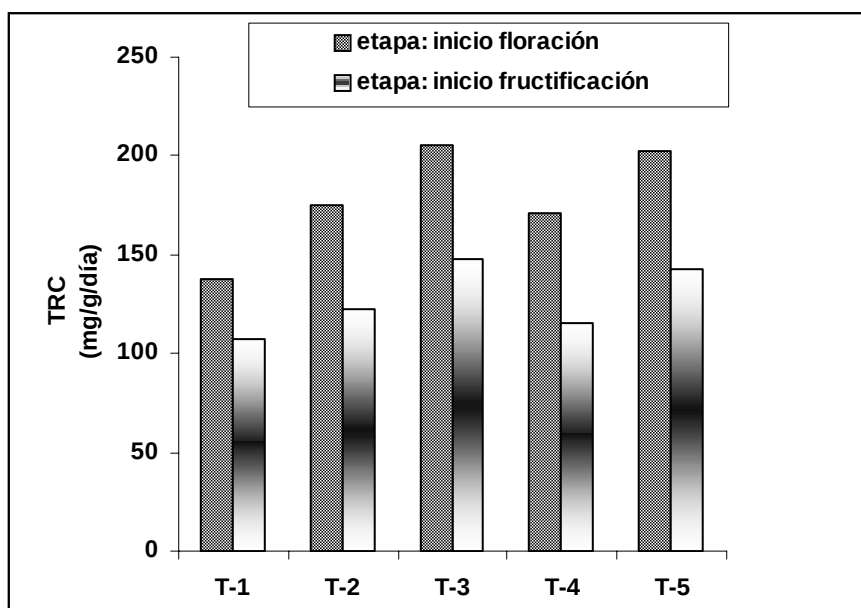
La intensidad de los procesos de crecimiento y desarrollo propia de los genotipos de uso común en la agrotecnología, se expresa en la notable diferencia entre los valores respectivos de las etapas evaluadas.

Si para los tratamientos 6 al 10 el comportamiento es similar es porque la interacción suelo-planta-fertilizante –a partir del formulado de liberación lenta– satisface a la creciente demanda vegetal y porque, además, la actividad de los microorganismos biofertilizadores es igualmente provechosa, en esas condiciones.

La formación de biomasa –TAC– presentó un patrón de respuesta único para ambas vías de fertilización, con marcado efecto a favor de la fertilización órgano mineral y la biofertilización: los aumentos observados son lógicos para las etapas evaluadas y responden al carácter indeterminado del híbrido de tomate cultivado.

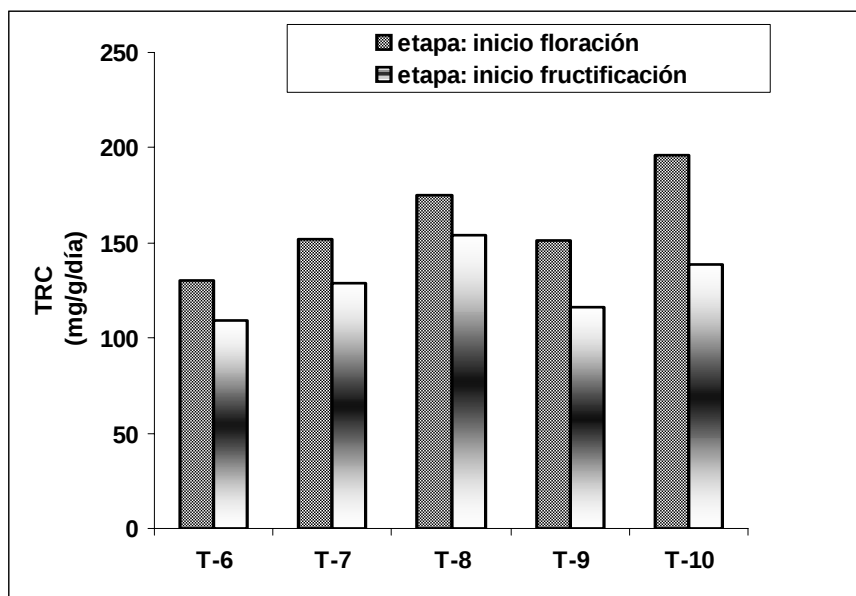
También se evidenció que puede reducirse la dosis de fertilizantes minerales, cuando se apela a las mencionadas prácticas de carácter agroecológico.

Figura 4. Fertilizante de Liberación Lenta. Tomate: Híbrido FA 180. Ensayo en macetas. Selección de variante para ensayo de producción. TRC para tratamientos 1 al 5 en dos etapas del ciclo de cultivo



Los valores de la tasa relativa de crecimiento indican que pueden alcanzarse niveles equivalentes de eficiencia fisiológica, a partir de diferentes patrones de manejo nutricional.

Figura 5. Fertilizante de Liberación Lenta. Tomate: Híbrido FA 180. Ensayo en macetas. Selección de variante para ensayo de producción. TRC para tratamientos 6 al 10 en dos etapas del ciclo de cultivo.



La disminución observada al inicio de la fructificación está asociada a la pérdida de material vegetal por envejecimiento y caída de hojas y a que disminuye la formación de tejidos relacionados con el crecimiento activo de las plantas, (González *et al.*, 1986).

En cuanto a la relación de área foliar, la disminución de valores señala las etapas de desarrollo por que transitan las plantas. La proximidad entre resultados implica equivalencia entre las alternativas de manejo estudiadas.

Figura 6. Fertilizante de Liberación Lenta. Tomate: Híbrido FA 180. Ensayo en macetas. Selección de variante para ensayo de producción. RAF para tratamientos 1 al 5 en tres momentos del ciclo de cultivo.

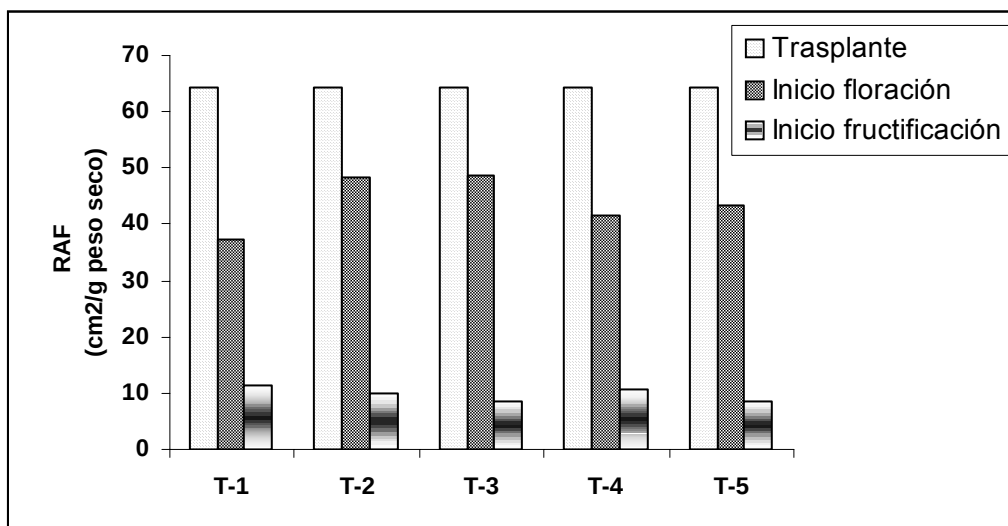
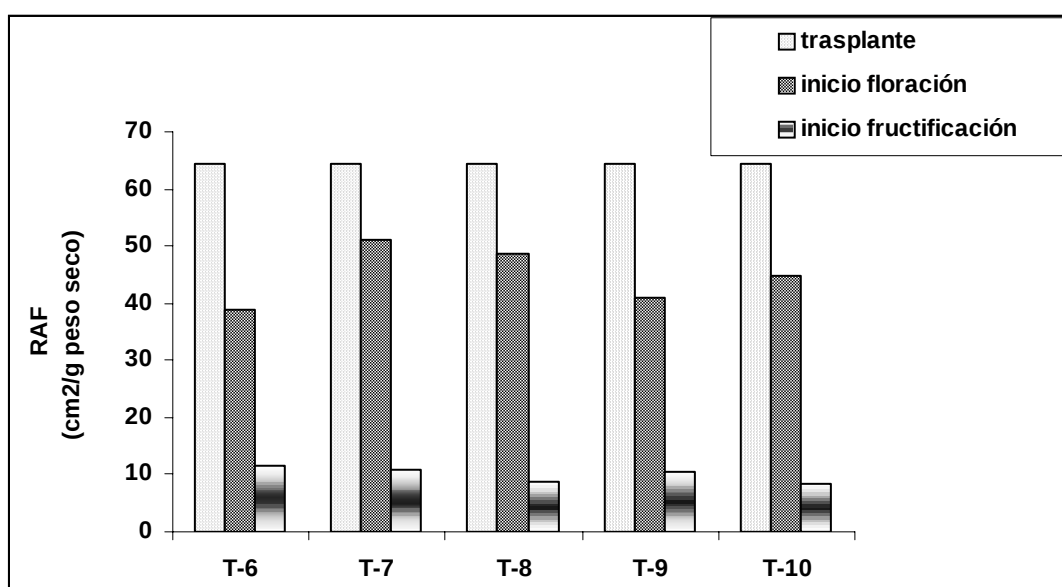


Figura 7. Fertilizante de Liberación Lenta. Tomate: Híbrido FA 180. Ensayo en macetas. Selección de variante para ensayo de producción. RAF para tratamientos 6 al 10 en tres momentos del ciclo de cultivo.



Una revisión de conjunto, de la información presentada en las anteriores figuras deja saber que las dosis de manejo nutricional actualmente en uso –tratamientos **1** y **6**– dan lugar a respuestas inferiores con relación a los restantes tratamientos, lo que es demostración de que por esta única vía, no es posible cubrir las demandas vegetales y ratifica la validez del enfoque holístico, desde el cual se concibió la alternativa de manejo órgano mineral, con inclusión de la biofertilización.

La igualdad entre las diferentes formas de manejo de la fertilización mineral, también apunta hacia la combinación de la aplicación de materia orgánica y microorganismos biofertilizadores, con la reducción del valor máximo de aplicación de los fertilizantes minerales, como mejor opción.

3.- Análisis de varianza

Mediante este procedimiento evaluativo, se complementaron los criterios fundamentados en la discusión anterior, acerca del tratamiento, con empleo de fertilizante de liberación lenta, a validar en la etapa productiva.

En los Cuadros 21 a 24 se observa que la mejor respuesta obtenida a partir del uso del fertilizante de liberación lenta, se alcanza con el tratamiento que combina al 75 % de la dosis de fertilizante mineral, con la aplicación de materia orgánica y de microorganismos biofertilizadores.

Este resultado es congruente con los ya discutidos efectos mejoradores –sobre las propiedades del suelo– que ejercen las enmiendas orgánicas y con la influencia bioestimuladora que sobre el crecimiento y desarrollo vegetal tienen los biofertilizantes de origen microbiano, (Pulido, 2002; Hermoso, Torres y Farré, 2003; Agrimartín, 2005).

Cuadro 21. Fertilizante de Liberación Lenta. Tomate: Híbrido FA 180. Ensayo en macetas. Selección de variante para ensayo de producción. Análisis de Varianza: Altura (60 ddg).

Variante	Altura (cm)
100 % Fertilización Mineral (fertirriego) + M. O. + Bf	81.0 ^a
75 % Fertilización Mineral (fertirriego) + M. O. + Bf	80.3 ^a
75 % Fertilización Mineral (fertilizante liberación lenta) + M. O. + Bf	79.7 ^a
100 % Fertilización Mineral (fertilizante liberación lenta) + M. O. + Bf	79.3 ^a
100 % Fertilización Mineral (fertirriego) + M. O.	78.0 ^a
100 % Fertilización Mineral (fertilizante liberación lenta) + M. O.	68.3 ^b
75 % Fertilización Mineral (fertilizante liberación lenta) + M. O.	66.0 ^b
75 % Fertilización Mineral (fertirriego) + M. O.	65.7 ^b
DSM _{0.05} = 4.12 cm	

Cuadro 22. Fertilizante de Liberación Lenta. Tomate: Híbrido FA 180. Ensayo en macetas. Selección de variante para ensayo de producción. Análisis de Varianza: TAC (trasplante a inicio fructificación).

Variante	TAC (mg/día)
100 % Fertilización Mineral (fertirriego) + M. O. + Bf	931.0 ^a
75 % Fertilización Mineral (fertilizante liberación lenta) + M. O. + Bf	862.3 ^b
100 % Fertilización Mineral (fertilizante liberación lenta) + M. O. + Bf	860.3 ^b
75 % Fertilización Mineral (fertirriego) + M. O. + Bf	824.0 ^b
100 % Fertilización Mineral (fertirriego) + M. O.	630.0 ^c
100 % Fertilización Mineral (fertilizante liberación lenta) + M. O.	594.3 ^c
75 % Fertilización Mineral (fertirriego) + M. O.	552.3 ^d
75 % Fertilización Mineral (fertilizante liberación lenta) + M. O.	526.7 ^d
DSM _{0.05} = 41.64 mg/día	

Importante destacar que la posibilidad de implementar una alternativa de manejo nutrimental de estas características –para una modalidad productiva que basa esa actividad agrotécnica en elevados consumos de agroquímicos– puede contribuir decisivamente a su desempeño sostenible.

Cuadro 23. Fertilizante de Liberación Lenta. Tomate: Híbrido FA 180. Ensayo en macetas. Selección de variante para ensayo de producción. Análisis de varianza: TRC (trasplante a inicio fructificación)

Variante	TRC (mg/g/día)
100 % Fertilización Mineral (fertirriego) + M. O. + Bf	104.3 ^a
75 % Fertilización Mineral (fertilizante liberación lenta) + M. O. + Bf	99.6 ^b
100 % Fertilización Mineral (fertilizante liberación lenta) + M. O. + Bf	99.3 ^b
75 % Fertilización Mineral (fertirriego) + M. O. + Bf	98.3 ^b
100 % Fertilización Mineral (fertirriego) + M. O.	91.3 ^c
75 % Fertilización Mineral (fertirriego) + M. O.	89.0 ^{cd}
100 % Fertilización Mineral (fertilizante liberación lenta) + M. O.	87.6 ^{cd}
75 % Fertilización Mineral (fertilizante liberación lenta) + M. O.	85.3 ^d
DSM _{0.01} = 3.86 mg/g/día	

Cuadro 24. Fertilizante de Liberación Lenta. Tomate: Híbrido FA 180. Ensayo en macetas. Selección de variante para ensayo de producción. Análisis de varianza: TAN (trasplante a inicio fructificación)

Variante	TAN (mg/cm ² /día)
100 % Fertilización Mineral (fertirriego) + M. O. + Bf	8.34 ^a
75 % Fertilización Mineral (fertirriego) + M. O. + Bf	7.98 ^{ab}
75 % Fertilización Mineral (fertilizante liberación lenta) + M. O. + Bf	7.83 ^{ab}
100 % Fertilización Mineral (fertilizante liberación lenta) + M. O. + Bf	7.20 ^b
100 % Fertilización Mineral (fertirriego) + M. O.	5.44 ^c
75 % Fertilización Mineral (fertirriego) + M. O.	5.42 ^c
100 % Fertilización Mineral (fertilizante liberación lenta) + M. O.	5.30 ^c
75 % Fertilización Mineral (fertilizante liberación lenta) + M. O.	5.17 ^c
DSM _{0.01} = 0.862 mg/cm ² /día	

La actividad fotosintetizadora –que potencialmente se ve reflejada mediante este indicador– da como resultado la acumulación de masa seca y fotoasimilados, que guardan una relación directa con la formación del rendimiento agrícola –Jarma, Buitrago y Gutiérrez, (1999)– y expresan una dependencia lineal respecto al área foliar y la formación de biomasa.

Cuadro 25. Fertilizante de Liberación Lenta. Tomate: Híbrido FA 180. Ensayo en macetas. Selección de variante para ensayo de producción. Análisis de varianza: RAF (cm²/gr. peso seco)

a) inicio floración

Variante	RAF
100 % fertilización mineral	49.13 ^a
75 % fertilización mineral	42.73 ^b
DSM _{0.05} = 5.98 cm ² /gr. peso seco	

b) inicio fructificación

Variante	RAF
Con biofertilización	8.57 ^b
Sin biofertilización	10.37 ^a
DSM _{0.05} = 1.39 cm ² /gr. peso seco	

En este caso, dado el carácter puntual de la variable respuesta, el análisis de varianza arrojó como estadísticamente significativas, la influencia de sendos factores para los momentos de cálculo.

Lógico entonces que durante la fase de crecimiento vegetativo –que concluye justo con el inicio de la floración y que es la etapa que se caracterizó en el primer caso– el factor determinante haya sido la dosis o cantidad neta de fertilizante mineral suministrado.

En cuanto al efecto dominante de la biofertilización –segundo caso–, se manifiesta durante la fase en que se inicia –e incrementa– la diferenciación de tejidos y la reorientación de la distribución de fotoasimilados, propias de la etapa reproductiva de las plantas.

Bastaría ese ejemplo para ilustrar las múltiples posibilidades de uso de ese tipo de bioproductos en la tecnología, así como el impacto que sobre la fisiología del cultivo tiene la coinoculación puesta en práctica en este caso, (Ruíz, Carvajal y Hernández, 1997; Lino *et al.*, 2004 y Terry, 2004).

En estas condiciones, ni el tipo de fertilización realizada, ni la dosis a aplicar –como tampoco las posibles combinaciones en que se incluyeron ambos factores– tuvieron un efecto significativo sobre los resultados obtenidos.

La discusión de los resultados de este acápite avala el criterio de que al tratamiento **10** (Materiales y Métodos; página 25), le corresponde la mejor respuesta vegetal, a partir del empleo de fertilizante de liberación lenta: en consecuencia, debe ser el evaluado en condiciones de producción.

4.3.2 Ensayo vegetativo en condiciones de producción

En el Cuadro 26 aparecen los datos relacionados con el crecimiento de las plantas de tomate; en el Cuadro 27, la información sobre las fenofases.

Cuadro 26. Tomate: Validación de Fertilizante de Liberación Lenta en régimen productivo. Híbrido: FA 180. Periodo: Primavera 2004. Dinámica de crecimiento: análisis de regresión lineal Altura (cm) vs Días después de la germinación (ddg)

Variante	Altura final (91 ddg)	Coefficiente de regresión (b)	Coefficiente de determinación (R ²)
1	215.0 ± 3.21	3.62	0.995**
2	230.0 ± 5.00	3.88	0.996**

Cuadro 27. Tomate: Validación de Fertilizante de Liberación Lenta en régimen productivo. Híbrido: FA 180. Periodo: Primavera 2004. Fenofases del cultivo (ddg)

Variante	Inicio de floración	Inicio de fructificación	Inicio de cosecha
1	57 – 58	67 – 68	97 – 98
2	55 – 56	65 – 66	94 – 95

Se ratifica la validez de la variante de nutrición propuesta, a partir de los resultados del ensayo en macetas, lo que justificaría una posterior introducción a la práctica productiva.

La reducción del consumo de fertilizantes –principal razón de ser del trabajo realizado– sin afectar al crecimiento y desarrollo del cultivo coincide con los

planteamientos de Olsen, (1972), acerca del impacto ambiental de las prácticas de fertilización.

Respecto a las fenofases –Cuadro 27– lo más importante a favor del manejo integral de la nutrición es el adelanto de la cosecha, por el impacto económico que implica y por lo que representa en términos de competitividad y eficiencia.

Cuadro 28. Tomate: Validación de Fertilizante de Liberación Lenta en régimen productivo. Híbrido: FA 180. Periodo: Primavera 2004. Rendimiento agrícola (kg/m²; promedio de dos campañas) y % de producción de calidad superior

Variante	Rendimiento	Calidad superior
1	8.47	62.5
2	8.65	67.7
F experimental	0.1989 ^{ns}	-
F significativa (5 %)	7.71	-

Los rendimientos del tomate son satisfactorios para la época de siembra –primavera– y corroboran la opinión generalizada –Aguirre *et al.*, (1994); Quinteiro, Andrade y De Blas, (1998) y Siminis *et al.*, (2005)– de que las enmiendas orgánicas potencian la respuesta vegetal, en términos de desarrollo y producción.

También son coincidentes con los resultados de Rodríguez, (2005) quien informa incrementos en la formación de biomasa, el índice de cosecha y el rendimiento agrícola de variedades de chícharo, al comparar la fertilización mineral con el manejo orgánico de la nutrición.

El empleo del fertilizante de liberación lenta ha quedado técnicamente fundamentado: la diferencia en términos de producción de calidad superior asciende a 5.66 t/ha, con un valor estimado de \$7075.00 (CUC), según los precios de comercialización especializada vigentes.

Otra ventaja asociada al empleo de este tipo de fertilizante en la agrotecnología es, la mejora en la explotación del sistema de riego, porque se evitan las tupiciones a partir del uso de soluciones nutritivas; también, según Trenkel, (1993) y González *et al.*, (2002), se minimiza el riesgo de contaminación del manto freático.

La información sobre la respuesta del pepino en régimen productivo, se muestra en los Cuadros 29, 30 y 31.

Cuadro 29. Pepino: Validación de Fertilizante de Liberación Lenta en régimen productivo. Híbrido: HA 436. Periodo: Verano 2004. Características de la planta.

Variante	Largo guía principal (cm)	Frutos por planta	Largo de frutos (cm)	Diámetro de frutos (cm)
1	176.6 ± 5.82	45.8 ± 2.39	16.4 ± 0.80	4.80 ± 0.114
2	190.5 ± 5.24	45.3 ± 3.52	17.1 ± 0.95	4.76 ± 0.296

Cuadro 30. Pepino: Validación de Fertilizante de Liberación Lenta en régimen productivo. Híbrido: HA 436. Periodo: Verano 2004. Fenofases (ddg)

Variante	Aparición de botones	Inicio de floración	Inicio de fructificación	Inicio de cosecha
1	30	34	37	50
2	29	33	37	49

Cuadro 31. Pepino: Validación de Fertilizante de Liberación Lenta en régimen productivo. Híbrido: HA 436. Periodo: Verano 2004. Rendimiento agrícola (kg/m²)

Variante	Rendimiento
1	21.4
2	20.7
F experimental	0.24 ^{ns}
F significativa (5 %)	5.99

Todos los indicadores evaluados conducen al criterio de que los fertilizantes de liberación lenta son adecuados para el manejo de la nutrición en la tecnología.

Se constata que no hubo afectación en la morfología del fruto –criterio de estabilidad del material empleado y de validez de la variante de manejo en estudio– y que se justifica la reducción del 25 % de la dosis de fertilizante mineral en las condiciones de fertilidad propias del suelo.

La posibilidad de esta reducción –también justificada para el tomate– corrobora los criterios expuestos a partir de los resultados presentados en el epígrafe **4.1**.

También hubo en este caso, un efecto positivo en términos de eficiencia productiva, con el adelanto de la cosecha.

Finalmente, se puede afirmar que, la alternativa de manejo de la nutrición diseñada y evaluada satisface los requerimientos de las especies vegetales de mayor presencia en los planes de siembra de las instalaciones de cultivo protegido en el país y que constituyen punto de partida para el logro de la sostenibilidad de la agrotecnología, fundamentalmente en lo referido a la reducción del impacto ambiental asociado al uso de agroquímicos en el manejo de las plantaciones.

5. CONCLUSIONES

1. La aplicación reiterada de agroquímicos al suelo –de acuerdo con las normas vigentes para el manejo de la nutrición vegetal en la tecnología– impacta negativamente sobre la calidad agrícola de ese recurso natural, lo que se expresa en la disminución del contenido de materia orgánica y de la concentración total de microorganismos, así como en el incremento de la conductividad eléctrica y de las concentraciones de fósforo asimilable y potasio intercambiable, en el mismo .
2. Las variables contenido de materia orgánica; concentración total de microorganismos; conductividad eléctrica; concentración de fósforo asimilable y concentración de potasio intercambiable constituyen indicadores para el seguimiento o monitoreo del impacto de la agrotecnología, sobre la fertilidad natural del suelo.
3. La incorporación al inicio de cada campaña, de estiércol vacuno seco y descompuesto al suelo –en dosis de 7.5 kg./m^2 – permite la reducción del 25 % de la dosis de los fertilizantes minerales, empleados para la producción de tomate y pepino en instalaciones de cultivo protegido, establecidas sobre suelos Ferralíticos Rojos de fertilidad alta.
4. La aplicación simultánea de microorganismos biofertilizadores –*Azotobacter chroococcum*; *Bacillus megatherium* var. *phosphaticum* y *Glomus* sp.– y de biostimulante foliar FitoMas incrementa la positiva respuesta vegetal a esa enmienda orgánica, en términos de crecimiento, desarrollo y rendimiento agrícola.
5. Es técnicamente válido sustituir al fertirriego, por el empleo de fertilizantes de liberación lenta, para el suministro de N, P y K a tomate y pepino en condiciones de cultivo protegido.
6. El empleo de fertilizantes de liberación lenta admite similares condiciones de manejo –en cuanto a reducción de la dosis, la incorporación de materia orgánica y el uso de biofertilizantes y bioestimulante foliar– a las validadas para el fertirriego, en la producción de tomate y pepino en la agrotecnología.

6. RECOMENDACIONES

- Realizar estudios sobre la respuesta de variedades cubanas de tomate, al manejo nutrimental propuesto.
- Emplear las variaciones en el tiempo de la conductividad eléctrica; el contenido de materia orgánica y las concentraciones de fósforo asimilable, potasio intercambiable y total de microorganismos, como indicadores de impacto ambiental para evaluar el posible efecto de la práctica productiva sobre el recurso suelo.
- Utilizar la información y resultados obtenidos en la capacitación de actores y decisores vinculados al desempeño productivo.
- Aplicar, en suelos Ferralíticos Rojos, junto al 75 % de las normas de fertilización establecidas para la producción de tomate y pepino respectivamente, como fertilizante de liberación lenta, 7.5 kg./m² de materia orgánica (estiércol vacuno) enriquecida con microorganismos biofertilizadores y complementar ese manejo, con la aplicación foliar de biostimulante FitoMas.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGRIMARTIN. Fertilizantes orgánicos y minerales. Disponible en: <http://www.agrimartin.com> (Consultado: enero, 2005).
2. AGUIRRE, Y. *et al.* Fertilización química y orgánica en lechuga (*Lactuca sativa*, L.). *Revista Facultad Agronomía (Maracay)* 20: 111-122, 1994.
3. ALFONSO, C. A. y B. González. Efecto de la cachaza sobre la estabilidad estructural. *Ciencia y Técnica en la Agricultura (Serie Suelos y Agroquímica)* 6 (1): 51-60, 1983.
4. ALFONSO, C. A. y Milagros Monedero. Uso, manejo y conservación de los suelos. --La Habana: ACTAF, 2004.
5. ALMAGUER, J. *et al.* Respuesta del tomate a la aplicación de fosforina en un suelo Pardo grisáceo. *Agrotecnia de Cuba* 27 (2 – 3): 75 – 78, 1997.
6. ALZUGARAY, P.; Diane Haase y R. Rose. Efecto del volumen radicular y la tasa de fertilización sobre el comportamiento en terreno de plantas de pino oregón (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) producidas por el método 1 + 1. *Bosque* 25 (2): 17-33, 2004.
7. ALLEN, S. E. Slow-release nitrogen fertilizers. Nitrogen in crop production. --USA: ASA-CSSA-SSSA, 1984.
8. AÑAZ, R. B. y E. D. Tanira. Aplicación de nitrógeno y de estiércol en la lechuga (*Lactuca sativa*, L.). --Mérida, Venezuela: Universidad de Los Andes (Instituto de Investigaciones Agropecuarias), 1980.
9. ARAGO, C. Los bioestimulantes. Disponible en: <http://www.infocfutoreco.net> (Consultado: enero, 2005).
10. ARMENTA-BOJÓRQUEZ, A. D. *et al.* Relaciones de nitratos y potasio en fertirriego sobre la producción, calidad y absorción nutrimental de tomate. *Revista Chapingo (Serie Horticultura)* 7 (1): 61 – 75, 2001.
11. AROZARENA, N. J. Criterios para un manejo sostenible de la nutrición vegetal en la agrotecnología zeopónica. *Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas*. --La Habana: INIFAT/MINAG, 1999.
12. AROZARENA, N. J. *et al.* Acerca del uso de las zeolitas naturales cubanas como sustrato en la agrotecnología de cultivo protegido. En: Congreso

- Científico del INCA (13: 2002, nov. 12 -15; La Habana). Memorias CD-ROM. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, 2002. ISBN 959-7023-229.
13. AROZARENA, N. J. *et al.* Cultivo protegido: evidencias del impacto ambiental de la agrotecnología sobre el suelo y propuestas de posibles acciones remediadoras. En: Jornada Científica del INIFAT (10: 2005, marzo 30-abril 1; Ciudad Habana). Resúmenes Soporte Electrónico, Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical, 2005.
 14. AROZARENA, N. J.; O. Muñiz y C. A. Alfonso. Efecto de niveles de cachaza en el contenido asimilable de zinc, cobre y manganeso y sus interacciones con el fósforo asimilable en un suelo Ferralítico Rojo compactado. ***Ciencia y Técnica en la Agricultura (Serie Suelos y Agroquímica)*** 8 (2): 7-14, 1985.
 15. AZCÓN, R.; M. Gómez y J. M. Barea. Efectos de la aplicación conjunta de fertilizantes químicos y microbianos en cultivos enarenados de tomate. ***Anales de Edafología y Agrobiología*** 33(9 – 10): 863 – 867, 1974.
 16. AZCÓN-AGUILAR, C. y J. Barea. Applying mycorrhizal biotechnology to agriculture: significance and potential. ***Scientia Horticulture***. 68: 1-24, 1996.
 17. BALTA, J. Agrotexiles: textiles técnicos para la agricultura. ***Agrícola Vergel*** XIII (146): 74 – 77, 1994.
 18. BARRAZA, F. V.; G. Fisher y C. E. Cardona. Estudio del proceso de crecimiento del cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en el Valle del Sinú Medio, Colombia. ***Agronomía Colombiana*** 22 (1): 81-90, 2004.
 19. BARRETO, C. *et al.* Efectos de la aplicación de residuos de almazara en el fósforo asimilable y otras propiedades edáficas de un olivar en regadío. ***Edafología*** 7 (2): 29-38, 2000.
 20. BROWING, G. M. and F. M. Milan. Rate of application of organic matter in relation to soil aggregation. ***Proceedings Soil Sci. Am. Soc.*** 6: 96-97, 1941.
 21. BRUNET, R., N. Valle y E. Acosta. La producción de tomate en condiciones de hidroponía. --La Habana: Editorial Científico-Técnica, 1994.
 22. BUNT, A. C. Media and mixes for container-grown plants. --Great Britain: Unwin Hyman, Ltd., 1988.

23. BURBOA, F. R. **et al.** Indices fisiológicos y de crecimiento de diferentes variedades de alfalfa en la región central de Sonora. Disponible en: <http://patrocipes.uson.mx/patrocipes/inupec/forrajes/F96004.htm/> (Consultada Enero, 2005).
24. CABALLERO, R. **et al.** Dosis de humus de lombriz en un suelo Pardo con carbonato usado en bolsas para plantas “in vitro”. **Agrotecnia de Cuba**. 27 (2-3): 55-59, 1997.
25. CABRERA, R. I. Propiedades, uso y manejo de sustratos de cultivo para la producción de plantas en macetas. **Revista Chapingo (Serie Horticultura)** 5 (1): 5 – 11, 1999.
26. CADAHÍA, C. Productos naturales como fertilizantes. En: Curso Máster Fertilizantes y Medio Ambiente. --Madrid: Universidad Autónoma de Madrid, 1994.
27. CAIRO, P. y O. Fundora. Edafología. --La Habana: Editorial Pueblo y Educación, 1994.
28. CASANOVA, A. S. **et al.** Manual para la producción protegida de hortalizas. --La Habana: LILIANA, 2003.
29. CASANOVA, A. S. **et al.** Tecnología de producción de posturas de hortalizas en cepellones. En: Ramírez, Neyda (ed.) Producción de cultivos en condiciones tropicales. --La Habana: LILIANA, 1998
30. CASSERES, E. Producción de Hortalizas. Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, Lima, Perú, 127-139, 1966.
31. CASTAÑEDA, RAFAEL F. INIFAT, MINAG. (Comunicación Personal), 2005.
32. CASTILLA, N. El microclima en los invernaderos de plástico de la costa suroeste de España. **Horticultura** (5): 60-70, 1998.
33. COMITÉ TÉCNICO DE NORMALIZACIÓN No. 3 Calidad del suelo. Análisis químico. Determinación del por ciento de materia orgánica. --La Habana: Oficina Nacional de Normalización (NC 51), 1999.
34. COMITÉ TÉCNICO DE NORMALIZACIÓN No. 3 Calidad del suelo. Determinación de las formas móviles de fósforo y potasio. --La Habana: Oficina Nacional de Normalización (NC 52), 1999.

- 35.COMITÉ TÉCNICO DE NORMALIZACIÓN No. 3 Calidad del suelo. Determinación de la capacidad de intercambio catiónico y de los cationes intercambiables del suelo. –La Habana: Oficina Nacional de Normalización (NC 65), 2000.
- 36.COMITÉ TÉCNICO DE NORMALIZACIÓN No. 3 Calidad del suelo. Determinación de la conductividad eléctrica y las sales solubles totales en suelos afectados por la salinidad. Relación 1:5 suelo/agua. –La Habana: Oficina Nacional de Normalización (NC 112), 2001.
- 37.CONWAY, G. y E. Barbier. After the green revolution: sustainable agriculture for development. –Londres: E. Publications, 1996.
- 38.CRISTOBAL, R.; Melba Cabrera y Cecilia Díaz. Comportamiento del crecimiento de tres variedades de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) al reducirse la radiación solar. En: Ramírez, Neyda (ed). Producciones de cultivos en condiciones tropicales. --La Habana: Liliana, 1998, 49-51.
- 39.CHAPMAN, H. D. y P. F. Pratt. Métodos de análisis para suelos, plantas y aguas. --México, DF: Editorial Trillas, 1981.
- 40.CHAVELI, P. **et al.** Impacto del manejo agrícola del suelo en casas de cultivo. En: Congreso Científico del INCA (14: 2004, nov. 9-12; La Habana). Memorias CD-ROM. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, 2004. ISBN 959-7023-27-X.
- 41.De Liñan, V. *Vademecum* de productos fitosanitarios y nutricionales. Madrid: Ediciones Agrotécnicas, S. L., 2000.
- 42.DIBUT, B. Obtención de un bioestimulador del crecimiento y el rendimiento para el beneficio de la cebolla (*Allium cepa*, L.). *Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas*. -- La Habana/INIFAT, 2000.
- 43.DIBUT, B. **et al.** Biofertilización: biotecnología indispensable para el desarrollo de la agricultura sostenible. En: Memorias III Congreso Internacional de Biotecnologías para la Región Latinoamericana (CINBIOS); Yucatán, 2003.
- 44.EDWARDS, C. A. **et al.** The use of earthworms for composting farm wastes. En: Gasser, J. K. R. (ed.) Composting of agricultural and other wastes. –New York: Els. Appl. Sci., 1984.

45. FINCK, A. Fertilizers and their efficient use. En: IFA World Fertilizares Use Manual. –Paris: International Industrial Association, 1992.
46. FLORES-GARCÍA, A **et al.** Bioproducción de melón en campo. **Revista Chapingo (Serie Horticultura)** 4: 83-88, 1995.
47. FOGG, G. E. El crecimiento de las plantas. –Buenos Aires:UDBA, 1967.
48. FRANZLUEBBER, A. J.; D. A. Zuberer y F. Mhons. Comparison of microbiological methods for evaluating quality and fertility of soil. **Biol. Fertil. Soils.** 19: 135-140, 1995.
49. FROMETA, E. M. Variaciones producidas en algunas propiedades de un suelo Ferralítico Rojo típico durante el cultivo continuado. *Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas.* --La Habana: ISCAH/MES, 1983.
50. FUSAGRI. Noticias. Agrícolas. VII (27). Agua, Ediciones Aragua, 1976.
51. GÁLVEZ, J. M. **et al.** Comparación de híbridos comerciales de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) y de pepino (*Cucumis sativus*, L.), a partir de diferentes fechas de siembra en condiciones de cultivo protegido. En: Convención Trópico 2004. (II Congreso de Agricultura Tropical; 2004, abril 4-9, La Habana). Memorias CD-ROM GEOTECH, 2004. ISBN 959-7167-02-6.
52. GÁLVEZ-ECHAZÁBAL, JOSÉ MANUEL. Plan Especial Agropecuario 160, MININT. (Comunicación Personal), 2002.
53. GARCÉS, N. **et al.** Efecto bioestimulante del LIPLANT en el cultivo del maíz (*Zea mays*, L.) En: Congreso Científico del INCA (13: 2002, nov. 12 -15; La Habana). Memorias CD-ROM. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, 2002. ISBN 959-7023-229.
54. GISLER, K y G. Cadish. Further benefice from biology nitrogen fixation. In: **An Ecological Aproach to Agriculture (Plant and Soil)**, 174-225, 1995.
55. GÓMEZ, C. **et al.** Ecofisiología de papa (*Solanum tuberosum*, L.) utilizada para consumo fresco y para la industria. **Revista CoMalFi.** 26 (1-3): 42-55, 1999.
56. GÓMEZ-CONSUEGRA, OLIMPIA **et al.** Solanáceas. En: Casanova, A. (ed.) Memorias 25 Aniversario Instituto de Investigaciones Hortícolas “Liliana Dimitrova”. --La Habana: IIHLD, 1998. pp. 11-19.

57. GONZÁLEZ, H. **et al.** Crecimiento y desarrollo de sorgos contrastantes en vigor y precocidad. *Fitotecnia* 8: 95 – 110, 1986.
58. GONZÁLEZ, MAYRA **et al.** Estudio comparativo “in vitro” y “en vivo” de un fertilizante de liberación controlada y un fertilizante comercial. En: Congreso Científico del INCA (13: 2002, nov. 12 -15; La Habana). Memorias CD-ROM. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, 2002. ISBN 959-7023-229.
59. GONZÁLEZ, P. J.; E. L. Vieto y N. Clavel. Fertilización orgánica y mineral para la producción de semilla de dolichos (*Lablab purpureus*, L.) y maíz (*Zea mays*, L.) en secuencias de cultivo. Congreso Científico del INCA (13: 2002, nov. 12 -15; La Habana). Memorias CD-ROM. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, 2002. ISBN 959-7023-229.
60. GONZÁLEZ, ROSALÍA. **et al.** Diagnóstico de sostenibilidad en la agrotecnología de cultivo protegido. En: Congreso Científico del INCA (13: 2002, nov. 12-15; La Habana). Memorias CD-ROM. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, 2002. ISBN 959-7023-229.
61. GONZÁLEZ, W. N. **et al.** Tecnología para la fertilización del maíz (*Zea mays*, L.). En: Ramírez, Neyda (ed). Producción de cultivos en condiciones tropicales. --La Habana: LILIANA, 1998.
62. GOUNOA, E. Enfoque morfológico en el estudio de la variabilidad de suelos Ferralíticos y subtipos asociados en un geoecosistema cársico de La Habana, Cuba. *Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas*. -- La Habana/ISCAH, 1997.
63. GUERRERO, ANAELY **et al.** Estudio microbiológico de un suelo bajo condiciones de fertilización mineral y labranza convencional. En: Ramírez, Neyda (ed.) Producción de Cultivos en Condiciones Tropicales. --La Habana: LILIANA, 1998. pp. 247 – 251.
64. GUEVARA, ANIUSKA. **et al.** Aplicaciones de abonos orgánicos y fertilizantes minerales para las hortalizas en casa de cultivo protegido. En: Congreso Científico del INCA (14: 2004, nov. 9 -12; La Habana). Memorias CD-ROM. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, 2004. ISBN 959-7023-27-X.

65. GUZMÁN, J. J.; R. Deroncelé y J. A. Aguilera. Estudio de niveles de materia orgánica en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum*, L.). **Ciencia y Técnica en la Agricultura (Serie Suelos y Agroquímica)**. 2(2): 67-73, 1979.
66. HAUCK, R. D. Controlled availability fertilizers: technical and public perspective. EN: Proceedings: International Workshop on Controlled/Slow Release Fertilizers. --Israel: Technion Israel Institute Technology, 1996.
67. HERMOSO, J. M.; D. Torres y J. M. Farré Efectos de seis tipos de materia orgánica en el crecimiento y la productividad de aguacates jóvenes con baja fertilización nitrogenada. En: Proceedings of V World Avocado Congress, 2003.
68. HERNÁNDEZ, A. **et al.** Nueva versión de la clasificación genética de los suelos de Cuba. --La Habana: Instituto de Suelos, 1999.
69. HERNÁNDEZ, ANNIA. Obtención de un bioproducto a partir de rizobacterias asociadas al cultivo del maíz. *Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Biológicas*. . --La Habana/Universidad de La Habana, 2002.
70. HERNÁNDEZ, G. **et al.** 15 Años de investigaciones sobre adaptación de cepas de *Rhizobium*, fertilizantes fosfóricos y genotipos del frijol común con alta eficiencia de fijación simbiótica del N y uso del P en Cuba. En: Seminario Científico (12: 2000, dic. 14 – 17; La Habana) Resúmenes, INCA, 2000.
71. HERNÁNDEZ, MARÍA **et al.** Las micorrizas arbusculares y las bacterias rizosféricas en cepellones de tomate. En: RESÚMENES IV Encuentro de Agricultura Orgánica. --La Habana, 2001.
72. HERRERA, A. L. Manual de medios de cultivo. --La Habana: Editorial Científico-Técnica, 1985.
73. HO, I. Interaction between VA-mycorrhizal fungus and *Azotobacter* and their combined effects on growth of *Festuca arundinaceae*. **Plant and Soil** 105: 291 – 293, 1988.
74. HUNT, R. Basic growth analysis: plant growth analysis for beginners. --London: E. A. Publisher, 1990.

75. HUSSAIN, A. *et al.* Response of maize (*Zea mays*, L.) to *Azotobacter* inoculation under fertilized and unfertilized conditions. ***Biol. Fertil. Soils*** 4: 73 – 77, 1987.
76. IBÁÑEZ, M. D. Evaluación de los nutrientes en el bulbo húmedo del suelo en el cultivo de lechuga *Echeberg*: Influencia de la fertilización organomineral. *Tesis de Licenciatura*. España; Universidad de Murcia, 1998.
77. IRIGOYEN DUARTE, HAYDÉE Servicio Suelos y Fertilizantes, MINAG (Comunicación Personal), 2005.
78. ISO 4833:1991. Microbiology general guidance for the enumeration of microorganisms-colony count technique at 30°C, 1991.
79. ISO 6887:1993. International standard microbiology-general guidance for the preparation of dilutions for microbiology examination, 1993.
80. JAMES, B. C. Urea-formaldehyde in horticulture. ***Agr. Food. Chem.*** 19: 813-815, 1971.
81. JARMA, A.; C. Buitrago y S. Gutiérrez. Respuesta del crecimiento de la habichuela (*Phaseolus vulgaris*, L var. Blue Lake) a través de niveles de radiación incidente. ***Revista CoMalFi.*** 26 (1-3): 62-63, 1999.
82. JODICE, R. y P. Nappi. Microbial aspects of compost application in relation to micorrizae and nitrogen fixing microorganisms. En: de Bertoldi, M. *et al.* (eds.) Compost: production, quality and use. –Italia: Els. Appl. Sci., 1987.
83. JOHN, CLARA *et al.* Estudio de factibilidad para el empleo de algunos materiales orgánicos. En: Congreso Científico del INCA (13: 2004, nov. 12 -15; La Habana). Memorias CD-ROM. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, 2004. ISBN 959-7023-27-X.
84. JOHN, CLARA MARÍA *et al.* Aplicación del ZEOFERT III en el cultivo de la papa en un suelo Ferralítico Rojo. En: Resúmenes III Congreso de las Ciencias del Suelo y III Seminario Científico de la Estación Experimental “La Renée”. -- La Habana: Instituto de Suelos/MINAG, 1993.
85. KANETA, Y. *et al.* Single application of controlled availability fertilizer to nursery boxes in non-tillage rice culture. ***JARQ*** 29: 111 – 116, 1995.

86. KOLMANS, E. y D. Vásquez. Manual de Agricultura Ecológica. Una introducción a los principios básicos y su aplicación. –La Habana: Grupo de Agricultura Orgánica/ACTAF-Holguín, 1999.
87. KONONOVA, M. M. Soil organic matter its nature, its role in soil formation and in soil fertility. –Oxford: Pergamon Press, 1966.
88. LABRADOR MORENO, JUANA y M. A. Altieri. Manejo y diseño de sistemas agrícolas sustentables. **Hojas Divulgadoras** 6-7/94 --Madrid: Ministerio de la Agricultura, Pesca y Alimentación, 1994.
89. LINO, A. **et al.** Evaluación de la aplicación conjunta de biofertilizantes en el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). En: Congreso Científico del INCA (14: 2004, nov. 9 -12; La Habana). Memorias CD-ROM. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, 2004. ISBN 959-7023-27-X.
90. LITTLE, T. y F. M. Jackson Hills. Métodos estadísticos aplicados a la agricultura. --México, D. F.: Editorial Trillas, 1985.
91. LU, X. y R. T. Koide. The effects of mycorrhizal infection on components of plant growth and reproduction. **New Phytology** 128: 211 – 218, 1994.
92. MADRID VICENTE, R. **et al.** Influencia de la fertilización orgánica frente a la convencional en la evolución de macronutrientes en el suelo.
93. MAJARREZ-MARTÍNEZ, M. J.; R. Ferrera-Cerrato y M. C. González-Chávez. Efecto de la vermicomposta y la micorriza arbuscular en el desarrollo de la tasa fotosintética del chile serrano. **Terra** 17(1): 9 – 15, 1999.
94. MALNÉ, R. y F. Maroto. Práctica de la fertirrigación de los frutales en riego localizado. En: Curso Máster Fertilizantes y Medio Ambiente. –Madrid: Universidad Autónoma de Madrid, 1994.
95. MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. –California: Academic Press, 1990.
96. MARSHALL, T. J. The natural development and significance of soil structure. **IV and V Int. Soc. Soil. Sci. Congress.** --New Zealand, 1962, 243-257.
97. MARTÍNEZ VIERA, R. Efectividad de biopreparados a base de *Azotobacter chroococcum* en la Agricultura Orgánica. En: RESÚMENES IV Encuentro de Agricultura Orgánica. --La Habana, 2001.

98. MARTÍNEZ VIERA, R. **et al.** Biofertilización y producción agrícola sostenible: retos y perspectivas. En: Congreso Científico del INCA (13: 2002, nov. 12 -15; La Habana). Memorias CD-ROM. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, 2002. ISBN 959-7023-229.
99. MARTÍNEZ VIERA, R. y G. Hernández. Los biofertilizantes en la agricultura cubana. En: RESÚMENES II Encuentro Nacional de Agricultura Orgánica, -- La Habana, 1995.
100. MARTÍNEZ, ANGÉLICA; Aurora Palenzuela e Irma Chang. Características biológicas de los principales suelos de Cuba. I. Microflora total. **Ciencias de la Agricultura** (9): 91-102, 1981.
101. MATO, MARÍA ADRIANA. Métodos de determinación de fósforo disponible y su utilidad para estimar los requerimientos de fertilizantes fosfóricos. En: Boletín de Reseñas (**Serie Suelos y Agroquímica**). --La Habana: CIDA, 14, 1989.
102. MAURYA, B. R. y C. N. Sanoria. Beneficial effects of co-inoculating chickpea seed with **Rhizobium**, **Azotobacter** and **Pseudomonas**. **Indian Jour. of Agric. Sci.** 56 (6): 463 – 476, 1986.
103. MEJÍAS, G. Agricultura para la vida: movimientos alternativos frente a la agricultura química. --Colombia: FERIVA, 1995.
104. MESHAM, S. V. y S. T. Shende. Response of onion to **A. chroococcum** inoculation. **Journal of Maharashtra Agric. University** 15 (3): 365 – 376, 1990.
105. MIRÓ-GRANADA DE GRADO, F. Agricultura intensiva bajo plástico. **El Campo** (31): 133 – 1476, 1994.
106. MONEDERO, MILAGROS. Evaluación del manejo de suelos Ferralíticos Rojos en casas de cultivo protegido de La Habana. En: Congreso Científico del INCA (14: 2004, nov. 9 -12; La Habana). Memorias CD-ROM. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, 2004. ISBN 959-7023-27-X.
107. MONTANO, R. y J. Villar. Impacto de los bionutrientes FitoMass tanto en la agricultura convencional como en la sostenible. En: X Jornada Científica del

- INIFAT (10: 2005 del 30 de marzo-1 abril), en Ciudad de La Habana. Resúmenes, 2005.
108. MONTANO, RAFAEL. ICIDCA, MINAZ (Comunicación Personal), 2003.
 109. MORENO, J. M. Modificaciones estructurales de suelos Ferralíticos Rojos bajo diferentes manejos. *Tesis en opción al título de Maestro en Ciencias del Suelo*. --La Habana: UNAH, 2002.
 110. MOYA, T. J. A. Riego localizado y fertirrigación. --Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 1994.
 111. MUÑIZ, O. **et al.** Uso de la urea recubierta con zeolita en el cultivo del arroz. En: Proceedings de QUIMINDUSTRIA, 93. --La Habana: MINBAS, 1993.
 112. MUÑIZ, O. **et al.** Contaminación por metales pesados en cultivos de importancia económica de la provincia La Habana: I. Papa. En: Congreso Científico del INCA (14: 2004, nov. 9 -12; La Habana). Memorias CD-ROM. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, 2004. ISBN 959-7023-27-X.
 113. NELSON, P. V. Greenhouse operation and management. --New Jersey, USA: Prentice Hall, 1991.
 114. NÚÑEZ, A. y M. Hernández. Estudio comparativo de la eficiencia de los fertilizantes de liberación lenta sobre el cultivo de la piña. **Ciencia y Técnica de la Agricultura (Serie Suelos y Agroquímica)** 4(2): 19 – 24, 1981.
 115. OCHOA, J. **et al.** Empleo de abonos de liberación controlada para el cultivo de ***Pelargonium zonale*** en macetas. Disponible en: <http://www.ediho.es/sech/congreso/sc7.html> (Consultada: abril, 2005).
 116. OLSEN, R. Effects of intensive fertilizer use on the human environment: a summary review. **FAO Soils Bulletin** 116:15-33, 1972.
 117. PALACIOS, P. E. Informe Técnico Final S. T. O. 60-01-02 Fertilizantes de Liberación Regulada. --La Habana: Centro de Investigaciones Químicas (interno), 1976.
 118. PALOMO, A. **et al.** Análisis de crecimiento de variedades de algodón transgénicas y convencionales. **Revista Fitotecnia Mexicana** 24 (2): 197 – 202, 2003.

119. PAPADOPOULOS, A. P. Growing greenhouse tomatoes in soil and in soilless media. En: Agriculture Canada Publication 1865/E. --Canada: Minister of Supply Services, 1991.
120. PEREZ, A. y J. Domínguez. Impactos de capacitación en las casas de cultivos protegidos. En: Segundo FORUM Tecnológico Especial de Cultivo Protegido. --La Habana, Diciembre 20 y 21, 2004.
121. PLANES-LEYVA, MARITZA *et al.* La biofertilización en la montaña: herramienta biotecnológica de la agricultura sostenible. . En: Seminario Científico (12: 2000, dic. 14 – 17; La Habana) Resúmenes, INCA, 2000.
122. PLANES-LEYVA, MARITZA *et al.* La biofertilización como herramienta biotecnológica de la agricultura sostenible. **Revista Chapingo (Serie Horticultura)** 10 (1): 5-10, 2004.
123. PLAZA, C.; J. C. García-Gil y A. Polo. Efectos de la aplicación de un purín de cerdo en un cultivo de cebada. Disponible en: <http://www.ediho.es/sech/congreso/sc7.html> (Consultada: abril, 2005).
124. PORTIELES, M.; O. Arteaga y A. Mojena. Estudio de la fertilización química y orgánica en la pangola. **Ciencia y Técnica de la Agricultura. (Serie Suelos y Agroquímica)** 8(1): 15-26, 1985.
125. PRIMAVESI, ANA MARÍA. Manejo ecologico do solo. Agricultura en regioes tropicais. --Sao Paulo, Brazil: Editorial Nobel, 1990.
126. PULIDO, L. Hongos micorrízicos arbusculares y rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal: alternativas para la producción de posturas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) y alternativa para la cebolla (*Allium cepa*, L.). *Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas*. --La Habana/INCA, 2002.
127. QUINTEIRO, M. P.; M. L. Andrade y E. De Blas. Efecto de la adición de un lodo residual sobre las propiedades del suelo: experiencias de campo. **Edafología** 5: 1-10, 1998.
128. RIEUMONT, J.; Mayra González y C. Rodríguez. Una breve reflexión sobre el uso y desarrollo de los fertilizantes de liberación lenta y controlada. **Temas de Ciencia y Tecnología** 8 (24): 19-28, 2004.

129. RINCÓN, L. **et al.** Crecimiento y absorción de nutrientes en la alcachofa. Disponible en: <http://www.ediho.es/sech/congreso/sc7.html> (Consultada: abril, 2005).
130. RÍOS ROCAFULL, YOANIA. INIFAT, MINAG. (Comunicación Personal), 2003.
131. RIVERA, R. **et al.** La simbiosis micorrízica: un nuevo paradigma en la producción agrícola. Resultados obtenidos en diferentes modelos productivos. En: Encuentro de Agricultura Orgánica (5: 2003, mayo 27 al 30; Ciudad Habana). Resúmenes. ACTAF, 2003.
132. RIVERA, R.; Gloria Martínez y Darmys Pérez. Efecto de la temperatura sobre la mineralización del nitrógeno de dos especies de abonos verdes en suelos Ferralíticos Rojos. **Cultivos Tropicales** 20 (2): 15-19, 1999.
133. RIVEROL, M. La erosión potencial de los suelos de Cuba y los métodos para su manipulación. *Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas*. --La Habana: Intituto de Suelos/MINAGRI, 1984.
134. ROCHE, P. Papel específico de la materia orgánica en la fertilidad de los suelos tropicales. **Agronomía Tropical**. 2 (10-11): 873-874, 1970.
135. RODRÍGUEZ, C. **et al.** Influencia de la inoculación con ***Azospirillum brasilense*** en trigo cultivado en suelos de la provincia de la Pampa Argentina. **Ciencias del Suelo** 14: 110 – 112, 2000.
136. RODRÍGUEZ, J. Evaluación de alternativas de manejo nutrimental en el cultivo del guisante (***Pisum sativum***, L). Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniero Agrónomo. --La Habana: UNAH, 2005
137. ROSABAL, A. **et al.** La cachaza y el estiércol vacuno, una alternativa en la producción tabacalera. En: Congreso Científico del INCA (13: 2002, nov. 12 - 15; La Habana). Memorias CD-ROM. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, 2002. ISBN 959-7023-229.
138. RUIZ, L. Efectividad de asociaciones micorrízicas en especies vegetales de raíces y tubérculos en suelos Pardos y Ferralíticos. *Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas*. --La Habana/INCA, 2001.

139. RUIZ, L.; Dinorah Carvajal y Gladys Hernández. El uso de las micorrizas, el ***Azotobacter*** y la fosforina como una alternativa para la fertilización de las viandas en Cuba. ***Agrotecnia de Cuba*** 27 (2 – 3): 110 – 114, 1997.
140. SÁNCHEZ, A. ***et al.***, Estudio de la influencia de la fertilización orgánica en la calidad de la almendra cultivada en condiciones de secano. En: Actas del III Congreso de la Sociedad Española de Agricultura Ecológica: 293-298, 1998.
141. SANTOS, R.; L. Rodríguez y H. Martín. Cultivo de pepino (***Cucumis sativus***) bajo sombrilla tropical. En: Ramírez, Neyda (ed). Producciones de cultivos en condiciones tropicales. --La Habana: LILIANA, 1998, 27-28.
142. SAUCHELLI, V. Abonos nitrogenados. --Barcelona: Editorial Ariel, 1970.
143. SERRANO, J. O.; A. Curiel y J. Ayala. Utilización de un biofertilizante en el cultivo de cebolla (***Allium cepa***, L.) en Chapingo, México. ***Revista Chapingo. (Serie Horticultura)*** 1(4): 95-99, 1995.
144. SERRANO, N. ***et al.*** Uso combinado de cachaza y roca fosfórica parcialmente acidulada para el frijol en un suelo Ferralítico Rojo compactado. Congreso Científico del INCA (13: 2002, nov. 12-15; La Habana). Memorias CD-ROM. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, 2002. ISBN 959-7023-229.
145. SERRATO-CRUZ, N. A.; O. Grimaldo-Juárez y V. A. González-Hernández. Análisis de crecimiento y evaluación bajo domesticación en dos especies de ***cempoalxochitl*** (***Tagetes erecta*** y ***Tagetes patula***). ***Revista Chapingo (Serie Horticultura)*** 4 (2): 75 – 82, 1998.
146. SHAVIV, A. Plant response and enviromental aspects as affected by rate and pattern of nitrogen release from controlled release N fertilizers. ***Plant and Soil*** 170: 1 – 7, 1995.
147. SHEPASHENCKO, G ***et al.*** Resistencia antierosiva de los principales suelos agrícolas de Cuba. ***Ciencia y Técnica de la Agricultura (Serie Suelos y Agroquímica)***16: 105-118, 1993.
148. SHISHIDO, Y. ***et al.*** Effects of developmental stages and topping on photosynthesis, traslocation and distribution of ¹⁴C assimilates in tomato. ***Bull. Nat. Res. Institute (Vegetables, Ornamental Plants and Tea)*** 1: 63 – 73, 1990.

149. SHOJI, S. y H. Kanno. Use of polyolefin-coated fertilizer for increasing fertilizer efficiency and reducing nitrate leaching and nitrous oxide emissions. (A Review). **Fertilizer Research** (The Netherlands) 39: 147-152, 1994.
150. SIMINIS, C. **et al.** Humic substances from compost affects nutrient accumulation and fruit production in tomato. Disponible en: http://www.Actahort.org/books/469/469_38.htm (Revisado enero, 2005).
151. SMITH, A. y J. San José. Productividad del maíz (**Zea mays**, L.) en las condiciones climáticas de los llanos altos centrales de Venezuela. II Crecimiento del híbrido OBREGÓN sembrado en la temporada seca. **Agronomía Tropical**. 29 (5): 439-451, 1979.
152. SMITH, S. E. **et al.** Effects of micorrhizal infection on plant growth, nitrogen and phosphorus nutrition in glasshouse-grown **Allium cepa**, L. **New Phytology** 103: 359 – 373, 1986.
153. SOLANO, T. F. Fertilización organo-mineral y correlaciones fitosanitarias bajo invernadero. En: RESÚMENES V Encuentro de Agricultura Orgánica. –La Habana, 2003.
154. SQM COMERCIAL DE MÉXICO. Fundamentos básicos de nutrición vegetal aplicados a la producción de hortalizas. Disponible en: <http://www.sqm.com> (Consultada: abril, 2005).
155. SZCZECH, M. **et al.** Suppressive effect of a comercial earthworm compost on some root infecting pathogens of cabbage and tomato. **Biol. Agric. Hort.** 10: 47 – 52, 1993.
156. TERRY, ELEIN. Microorganismos benéficos y productos bioactivos como alternativas para la producción ecológica de tomate (**Lycopersicon esculentum**, Mill var. **Amalia**). Tesis en Opción al Grado de Doctor en Ciencia Agrícolas. --La Habana/INCA, 2004.
157. TISDALL, J. M. **et al.** The stability of soil agregates as affected by organic materials microbial activity and physical description. **Australian J. Soil. Res.** 16 (1): 9-17, 1978.

158. TITTONELL, P. A.; J. De Grazia y A. Chiesa. Adición de polímeros superabsorbentes en el medio de crecimiento para la producción de plantines de pimienta. **Horticultura Brasileira**. 20 (4): 22-28, 2002.
159. TRENKEL, M. R. New challenges of the world fertilizer industry with regard to agriculture. --Montecarlo: IFA Agro-Economic Committee, 1993.
160. VALDÉS PÉREZ, MAGALY *et al.* Guía práctica para la interpretación del análisis químico de suelos. --La Habana: Instituto de Suelos (interno), 1995.
161. VALENCIA-ARISTAZÁBAL, G. y J. Arcila-Pulgarín. Efecto de la fertilización con N, P, K, a tres niveles en la composición mineral de las hojas del cafeto. **CENICAFÉ** 28(4): 119 – 138, 1977.
162. VANTUR, A. *et al.* Tecnología conservacionista para mejorar el rendimiento de una secuencia frijol-maiz-frijol en suelos Vertisoles con problemas de salinidad del valle del Cauto. En: Congreso Científico del INCA (13: 2002, nov. 12 -15; La Habana). Memorias CD-ROM. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, 2002. ISBN 959-7023-229.
163. VEGA, E. *et al.* Aplicación de abonos orgánicos para el pepino en casas de cultivo sobre un suelo Ferralítico Rojo compactado. En: Congreso Científico del INCA (14: 2004, nov. 9 -12; La Habana). Memorias CD-ROM. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, 2004. ISBN 959-7023-27-X.
164. VELASCO V., J.; R. Ferrera-Cerrato y J. J. Almaraz. Vermicomposta, micorriza arbuscular y *Azospirillum brasilense* en tomate de cáscara. **Terra** 19: (3): 241 – 248, 2001.
165. VELASCO V., V. A. Papel de la nutrición mineral en la tolerancia a las enfermedades de las plantas. **Terra** 17(3): 193 – 200, 1999.
166. VIÑALES, MABEL y J. Villar. Avances en la formulación y aplicación de inoculantes bacterianos de uso agrícola. **Cultivos Tropicales**. 20 (4): 9-17, 1999.
167. WALLACE, D. H.; L. Z. Osburn y M. H. Munger. Physiological genetics of crop yield. **Advanced Agronomy** 24 (96): 34 – 41, 1972.

168. WANG, F. Modelling nitrogen transport and transformations in soil subject to environmentally friendly fertilization practices. (Research Thesis). –Haifa: Israel Institute of Technology, 1996.
169. YAGODIN, B. A. **et al.** Agroquímica. --Moscú, URSS: Editorial MIR, 1986.