

# Influencia de Tecnologías alternativas de fertilización en el rendimiento agrícola de los cultivos Tomate (*Solanum lycopersicon* L), Lechuga (*Lactuca sativa* L) y Pimiento (*Capsicum annuum*, L.).



## Influence of alternative fertilization technologies on the agricultural yield of tomato (*Solanum lycopersicon* L), lettuce (*Lactuca sativa* L) and pepper (*Capsicum annuum*, L.) crops.

Castillo Pacheco, Narledio; Díaz Abreu, Dulce María; García Bode, Olmes; Marrero Santo, Omar

Narledio Castillo Pacheco

ncastillo@ult.edu.cu

Universidad de Las Tunas, Cuba

Dulce María Díaz Abreu

ncastillo@ult.edu.cu

Universidad de Las Tunas, Cuba

Olmes García Bode

ncastillo@ult.edu.cu

Miembro del Grupo Asesor para Nombres Geográficos y de la Comisión asesora de cuencas hidrográficas del Gobierno en la provincia Las Tunas, Cuba

Omar Marrero Santo

ncastillo@ult.edu.cu

Universidad de Las Tunas, Cuba

### Innovación tecnológica (Las Tunas)

Centro de Información y Gestión Tecnológica y Ambiental de Las Tunas, Cuba

ISSN-e: 1025-6504

Periodicidad: Trimestral

vol. 26, núm. 4, 2020

yanna@ciget.lastunas.cu

Recepción: 08 Septiembre 2020

Aprobación: 14 Octubre 2020

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/442/4422456020/index.html>

**Resumen:** El trabajo se ejecutó por investigadores del Centro de Estudio de Desarrollo Agrario de la Universidad de Las Tunas, con el objetivo de evaluar la respuesta productiva del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicon* L), la lechuga (*Lactuca sativa* L) variedad "Black Seed Simpson" y el pimiento (*Capsicum annuum*, L.) a la aplicación de inoculantes de hongos micorrizogénos arbusculares (HMA) del género *Glomus*. Esta investigación se desarrolló en dos áreas del municipio Tunas; una para el cultivo del tomate, perteneciente a la cooperativa de créditos y servicios fortalecida "Niceto Pérez García" del municipio Las Tunas, en un suelo Pardo grisáceo ócrico sin carbonato, donde se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con cuatro tratamientos y tres réplicas y la otra en el organopónico "Toma de las Tunas", con un diseño experimental completamente aleatorizado con 4 tratamientos, para los restantes cultivos. Las cepas aplicadas de HMA fueron: *Glomus mosseae*, *Glomus intraradices* y *Glomus cubense*, las que corresponden al inóculo certificado del Instituto Nacional de Ciencias Agropecuarias en la provincia de Mayabeque. Se evaluaron indicadores morfofisiológicos y de rendimientos. Los resultados mostraron que la inoculación con HMA tuvo un efecto positivo sobre los indicadores de crecimiento y el rendimiento de todos los cultivos. Se encontró que la utilización de *G. cubense* + 50 % fertilización mineral fue la que manifestó la mejor respuesta.

**Palabras clave:** EcoMic, *glomus*, hongos micorrizogénos arbusculares, tomate, lechuga, pimiento fertilización mineral .

**Abstract:** The research was done by researchers from the Agricultural Development Study Center of the University of Las Tunas, with the aim of evaluating the productive response of tomato (*Solanum lycopersicon* L), lettuce (*Lactuca sativa* L) variety "Black Seed Simpson" and pepper (*Capsicum annuum*, L) to the application of arbuscular-mycorrhizal fungi (AMF) inoculants of the *Glomus* genus. This research was developed in two areas of Las Tunas municipality: one for tomato, belonging to the Credits and Services' Cooperative "Niceto Pérez García", in an acidic grayish brown soil, without

carbonate, where an experimental design of random blocks was used with four treatments and three replicas; the other area was in the organoponic "Toma de Las Tunas", with a completely randomized experimental design with four treatments for the remaining crops. The applied strains of AMF were: *Glomus mosseae*, *Glomus intraradices* and *Glomus cubense*, which correspond to the certified inoculum of the National Institute of Agricultural Sciences in Mayabeque province. Morphophysiological and performance indicators were evaluated. The results showed that inoculation with AMF had a positive effect on growth and yield indicators for all crops. The use of *G. cubense* plus 50 per cent of mineral fertilization produced the best response.

**Keywords:** Ecomic, glomus, arbuscular-mycorrhizal fungi, tomato, lettuce, peppe, mineral fertilization.

## INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia, la producción agraria y sus prácticas han estado muy ligadas al desarrollo de la humanidad sirviendo a una finalidad muy concreta; la de proveer suficiente alimento para mantener el crecimiento de la población, en este caso las hortalizas ocupan un lugar destacado en la dieta humana, debido a los aportes nutritivos que las mismas contienen, en cuanto a vitaminas, minerales (Acebedo, 2009).

En Cuba se potencia el cultivo de las hortalizas, sobre todo en las modalidades de la agricultura urbana y suburbana, con el cual se busca garantizar el suministro de hortalizas frescas a los consumidores; entre estos cultivos, la lechuga (*Lactuca sativa L.*), el tomate y el pimiento juegan un papel importante dentro de las rotaciones de cultivos, que se planifican tanto en Organopónico como en los huertos intensivos, contribuyendo de manera significativa a los rendimientos obtenidos en cada año productivo (Terry *et al.*, 2011).

El tomate constituye una de las principales hortalizas del planeta, este ocupa una superficie alrededor de 3.7 millones de hectáreas con un rendimiento promedio de 27 t.ha<sup>-1</sup>; de las cuales sólo el 10 % es producido en América Latina y el Caribe, en Cuba representa alrededor del 40 % de la superficie y dentro de la producción total de hortalizas ocupa el primer lugar (Alarcón *et al.*, 2013).

La necesidad de producir hortalizas durante todo el año se incrementó en las últimas décadas del siglo pasado, lo que condujo al desarrollo de investigaciones dirigidas a introducir cultivares con cierta adaptabilidad a las condiciones de la campaña primavera- verano. Unido a la obtención de nuevas líneas adaptadas a condiciones no idóneas para los cultivos, se aplican exitosamente biofertilizantes de producción nacional en la explotación hortícola, destacándose la simbiosis que se establece entre las plantas y los HMA en diferentes ecosistemas agrícolas y naturales (Smith y Read, 2008), (Gómez *et al.*, 2010).

La utilización de estos microorganismos resulta factible para cualquier sistema de producción agrícola debido a las funciones que realizan una vez que se asocian con las plantas; entre ellas encontramos: incremento en la absorción de nutrientes minerales y agua a partir de un aumento en el volumen de suelo explorado, mayor resistencia a las

toxinas, incremento de la traslocación y solubilización de elementos esenciales, protección contra patógenos radicales y el aumento de la tolerancia ante condiciones abióticas adversas sequía, salinidad, etc. (Mujica *et al.*, 2014).

Atendiendo a los criterios anteriormente expuestos, en la década de los 90, el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) inició un amplio programa de investigaciones básicas con estos simbioses y como resultado se obtuvo un biofertilizante de formulación sólida registrado como EcoMíc, con alto grado

de pureza y estabilidad biológica, con el cual se ejecutaron estudios que mostraron resultados satisfactorios en raíces tubérculos y trigo (Plana et al. 2008 y Mohammadi *et al.*, 2011).

El uso indiscriminado de productos agroquímicos en la actividad agrícola, con la supuesta finalidad de mejorar la productividad y la calidad de la producción, puede generar serios desequilibrios en los ecosistemas por la contaminación del suelo, del agua, del aire y los alimentos, lo cual pone en peligro la salud humana. (Novo 2002), (Planes-Leyva 2004) y (Charles y Martín, 2014).

Hoy en día, se puede afirmar que el problema de la presencia de residuos tóxicos en los productos Hortícolas preocupa sobremanera al consumidor, ya que proceden de cultivos forzados, realizados fuera de época, en los que el empleo de productos químicos es más abundante en las hortalizas que en otros tipos de cultivos. (Fernández, 2009), de ahí la necesidad de buscar y evaluar fuentes alternativas de fertilización que satisfagan las necesidades nutrimentales de los cultivos (Viñals y Villar 1999 y León, 2013).

Cuba, se encauza hacia una agricultura de producción más sostenible, poniendo en práctica el uso de biofertilizantes producidos a partir de HMA, los cuales al establecer la simbiosis con las raíces de las plantas desempeñan una importante función, contribuyendo de forma más eficiente a su supervivencia y crecimiento, al reducir el stress asociados con la nutrición, las relaciones con el agua, la estructura del suelo, el pH, las sales, los metales tóxicos y los patógenos (Mujica *et al.*, 2014).

En la provincia Las Tunas se han venido utilizando cepas comerciales, que muestran el efecto positivo de los HMA como biofertilizantes en una amplia gama de cultivos, donde se ha empleado el biopreparado EcoMic, con alto grado de pureza, y estabilidad biológica (Rivera *et al.*, 2003).

El trabajo se desarrolló con el objetivo de disminuir la dosis de fertilizantes minerales que se utilizan para la producción de este importante cultivo en las áreas antes nombradas de acuerdo a la norma establecida por el Ministerio de Agricultura, asociado al efecto benéfico que produce la aplicación de los HMA, en la disponibilidad de nutrientes para estos cultivos. De esta forma resulta imprescindible el uso de alternativas de fertilización que permitan la utilización eficiente de los fertilizantes y que satisfagan las necesidades de los cultivos, así una alternativa ecológica para solucionar esta problemática, es la aplicación de cepas puras de hongos micorrizógenos del género *glomus*, con el fin de aumentar el rendimiento y obtener productos más saludables (INCA, 2013).

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló en condiciones de campo para el cultivo del tomate, entre los meses de diciembre 2013 - abril 2014, en áreas de la Finca “Los Pérez” perteneciente a la Cooperativa de Crédito y Servicios Fortalecida “Niceto Pérez García,” situada en los 20°57'20.3" de latitud N y 76°55'50.4" de longitud O, en el cuadrante cartográfico 83-140- 50, a una altura 42,8 m sobre el nivel medio del mar, comunidad San José, del municipio Las Tunas, provincia Las Tunas. Sobre un suelo Pardo grisáceo ócrico sin carbonato según

la cuarta Clasificación de los Suelos de Cuba. La variedad de tomate utilizada fue “Mariela”, y se utilizó un diseño de bloques al azar con 4 tratamientos y tres réplicas.

Para el cultivo del pimiento y la lechuga la investigación se desarrolló en condiciones de organopónico, en las áreas del organopónico “Toma de las Tunas”, ubicado en la Avenida 30 de noviembre, con coordenadas 20°57'07.93" al N y 76°56'47.72" al W con el objetivo de evaluar el efecto de tres cepas de EcoMic en el rendimiento agrícola de dichos cultivos, cuyos experimentos se llevaron a cabo en el período comprendido entre los meses de diciembre de 2016 y febrero de 2017 para el pimiento (*Capsicum annuum*, L.) variedad “Español”, se utilizaron cuatro canteros de 22 m de largo; 1,20 m de ancho y 0,30 m de alto, con una separación entre canteros de 0,60 m (Rodríguez et al., 2000). En el caso de la lechuga (*Lactuca sativa* L) variedad “Black Seed Simpson”, para el montaje del experimento se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado, con 4 tratamientos, utilizándose un testigo de referencia sin inoculación. Se

utilizaron 4 canteros de 20 m de largo y 1,20 m de ancho. La distancia de plantación 0.15 m X 0.15m cumpliendo con lo establecido por la ACTAF, en el 2009.

**Desarrollo experimental**

**Tratamientos**

Se estudiaron tres especies de HMA: *Glomus Cubense* (Y. Rodr. & Dalpé); *Glomus intraradices* (Shenck y Smith) y *Glomus mosseae* (Nicol. y Gerd., enmendado por Gerdeman y Trappe), pertenecientes al cepario del Laboratorio de Micorrizas Arbusculares del INCA en la provincia de Mayabeque, con concentraciones de 42 y 45 esporas/g<sup>-1</sup>.

Las aplicaciones se hicieron a partir de la dosis recomendada para este producto comercial en el momento de la siembra mediante su incorporación al sustrato y luego inmersión directa de las raíces al momento del trasplante.

**TABLA 1**  
Descripción de los tratamientos empleados en el experimento

Tratamientos	HMA Concentración/Fertilización mineral
T-1	Testigo sin inocular 100% NPK
T-2	G. Mosseae 45 (Esporas/g-1) + 50 % NPK
T-3	G. Intraradices 42 (Esporas/g-1) + 50 % NPK
T-4	G. Cubense 45 (Esporas/g-1) + 50 % NPK

Variables morfofisiológicas y de rendimiento evaluadas

**Para el cultivo del tomate:**

- ✓ Altura de la planta (cm) a los 25 DDG; y 45 DDT: esta fue determinada por medio de una regla graduada en milímetros según la metodología escrita por Torrecilla *et al.* (1980). Citado por Miranda, (2003).
- ✓ Diámetro del tallo (mm) 25 DDG en los canteros; 45 DDT: este fue determinado sobre la base del mismo según Metodología descrita por Torrecilla *et al.* (1980) con el empleo de un Pie de Rey mecánico y metálico, cuya precisión es de 0.05 mm.
- ✓ Días hasta la germinación (Días).
- ✓ Aparición de la primera hoja (Días)
- ✓ Inicio floración.
- ✓ Inicio maduración.
- ✓ Número de ramificaciones: Al inicio de la floración.
- ✓ Número de flores por planta: Inicio de la Floración.
- ✓ Número de hojas: Se realizó mediante el conteo de las mismas en los canteros a los 25 DDG.
- ✓ Peso de frutos por planta (g).
- ✓ Diámetro ecuatorial y polar de los frutos (mm).
- ✓ Número de frutos por plantas.
- ✓ Peso del fruto promedio desde la primera a la última cosecha.
- ✓ Rendimiento del cultivo (t.ha<sup>-1</sup>)
- ✓ Costo de producción (\$): gastos totales de la producción.

**Para el cultivo de la lechuga:**

- ✓ Número de hojas totales a los 10, 15 y 25 DDT: se procedió a contar la cantidad de hojas emitidas por planta.
- ✓ Largo y ancho de la hoja (cm) a los 25 DDT: para el largo se midió la hoja por el centro de la nervadura desde la base hasta el ápice y el ancho se midió por la parte más ancha de la hoja. Se utilizó una regla milimetrada.

✓ Área foliar (m<sup>2</sup>): se determinó a partir de la siguiente fórmula matemática (AF) = Lh\*Ah\*R2 (Intagri, 2016)

✓ Altura de la planta (cm) a los 25 DDT: se midió desde el cuello de la raíz hasta el ápice de la planta. Se utilizó una cinta métrica.

✓ Largo de la raíz (cm) a los 25 DDT: se midió desde el cuello hasta el ápice de la raíz. Se utilizó una cinta métrica.

✓ Diámetro del tallo (mm) a los 25 DDT: utilizando un pie de rey

✓ Peso por planta (g) a los 25 DDT: al momento de la cosecha se pesaron cada una de las plantas por tratamientos. Se empleó una balanza analítica modelo Sartorius BP- 310 S, con una precisión 0,001 g.

✓ Rendimiento agrícola (kg.ha<sup>-1</sup>): con el peso de las plantas por metro cuadrado, se calculó los rendimientos finales de cada tratamiento por hectárea.

✓ Costo de producción (\$): gastos totales de la producción.

Parámetros de calidad como sabor y textura de los diferentes tratamientos: se realizó una entrevista a 100 individuos, se les dio a probar muestras de cada uno de los tratamientos, donde debían escoger el producto con mejor textura (rugosa, suave, media) y sabor (amargo, aceptable, mejor sabor). Luego se determinó los porcentajes.

#### **Para el cultivo del pimiento:**

✓ % de supervivencia a los 7 días después del trasplante por el método visual.

✓ Altura de la planta (cm) a los 15, 30 y 45 ddt: se midió desde el cuello de la raíz hasta el ápice de la planta. Se utilizó una cinta métrica.

✓ Diámetro del tallo (cm) a los 15, 30 y 45 ddt. Se utilizó un pie de Rey.

✓ Inicio de la floración.

✓ número de flores por plantas.

✓ número de frutos por plantas.

✓ Diámetro de los frutos por tratamientos. Se utilizó un pie de Rey.

✓ Largo de los frutos por tratamientos. Se utilizó un pie de Rey.

✓ Peso o masa (g) de los frutos por tratamientos: al momento de la cosecha se pesaron cada uno de los frutos por tratamientos. Se empleó una balanza analítica modelo Sartorius BP- 310 S, con una precisión 0,001 g.

✓ Rendimiento agrícola (t.ha<sup>-1</sup>).

✓ Costo de producción (\$): gastos totales de la producción.

#### **Valoración Económica**

La valoración económica se realizó sobre la base de la producción obtenida por hectárea y los costos calculados según la ficha de costo elaborada para los experimentos, donde se evaluaron los siguientes indicadores:

$$C_p = \sum g$$

Dónde: C<sub>p</sub>: costo de producción.  $\sum g$ : sumatoria de los gastos.

$$C_v = g/V_p$$

Dónde: C<sub>v</sub>: costo por peso. g: gastos totales. V<sub>p</sub>: valor de la producción.

$$G = V_p - C_p$$

Dónde: G: ganancia.

Para realizar los cálculos se tomaron como base el Manual de fichas de costos tecnológicos para la elaboración del plan 2012 de la economía:

El precio del EcoMic: 1 bolsa de 2 kg. (\$ 14.00 MN)

El precio del Tomate: 1t (\$ 1110, MN)

El Precio de venta de la lechuga: 1t (\$4400 MN)

Precio de venta del pimiento: 1t \$ 5430, MN)

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Es de destacar que en el trabajo solo se exponen los resultados en base a las variables de rendimiento debido al volumen de la información que genera la totalidad y la importancia de los resultados.

### Para el cultivo del tomate

En lo referente al número de frutos por plantas, puede observarse (tabla 2) diferencias significativas en los tratamientos inoculados con HMA, resultando el tratamiento con la utilización de la cepa *G. Cubense* más efectivo ya que produjo un incremento significativo en la cantidad de frutos por planta.

Al respecto, Moya (2010), plantean que estos microorganismos son un estimulador de la colonización radical por los HMA, así como del crecimiento de las plantas, traduciéndose este efecto en un incremento del número de frutos y por consiguiente en los rendimientos. Al analizar la masa promedio de los frutos, se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos inoculados con HMA entre sí y con respecto al testigo, siendo *G. Cubense* significativamente superior a los demás tratamientos micorrizados, así como al testigo. Todos superan a los testigos sin inocular. La actividad fotosintética de la planta es el resultado de la conjugación de varios factores en la compleja relación planta – suelo – cultivo- clima.

En este cultivo es importante lograr un promedio adecuado en cuanto a la masa fresca del fruto porque es la parte útil del mismo. Pudo influir, en gran medida, en los resultados obtenidos la repercusión de manera significativa, de la actividad de los hongos MA en la reducción de estrés en la planta, aumento en la resistencia a plagas y enfermedades, mejoramiento de las relaciones hídricas del cultivo, aumento en la absorción de nutrientes, incrementos en la tasa fotosintética e inducción de mayor vigor.

Todas estas características tienen especial importancia y deben conducir a mejores resultados finales en los sistemas de producción.

Lo anterior tiene influencia directa en los resultados de los rendimiento agrícola ( $t \cdot ha^{-1}$ ), donde se puede apreciar que todos los tratamientos difieren significativamente entre sí, correspondiendo la mejor respuesta a los tratamientos con la utilización de las cepa *G. Cubense*, siendo muy superior numéricamente, aunque hubo una respuesta positiva en los demás tratamientos inoculados con relación al testigo sin inocular.

Esto se explica por el papel estimulador de la nutrición, lo que en estrecha relación con el resultado obtenido durante la fase de semillero, demuestra que estos microorganismos actúan de forma favorable en las plantas inoculadas, resultado que concuerda con Azcón y Acampo (1981) quienes encontraron una respuesta positiva, así como un estímulo sobre el crecimiento y desarrollo de diferentes cultivos; por su parte, También Charles y Martín (2014), al trabajar con estos microorganismos encontraron incrementos del rendimiento en el cultivo del tomate.

Resultados inferiores para el cultivo, fueron los reportados por Moya *et al.* (2004), quienes obtuvieron 25  $t \cdot ha^{-1}$  para dicha variedad en plantaciones no micorrizadas y los mismos autores en el año 2005 también en un suelo pardo sin carbonato obtuvieron resultados similares 34.87  $t \cdot ha^{-1}$ .

Al compararlo con otros ensayos realizados en el cultivo se observó que alcanzaron rendimientos intermedios en relación con los resultados obtenidos en las investigaciones realizadas en la provincia de Holguín por Solís *et al.* (2006) en período óptimo y tardío, al lograr en las variedades Amalia, Mariela, Lignon y Mara, rendimientos que oscilaron entre 11, 72 y 31,88  $t \cdot ha^{-1}$  en período óptimo y de 4,02 a 5,33  $t \cdot ha^{-1}$  en período tardío.

Los rendimientos alcanzados en algunos casos no lograron el potencial de esta variedad que es de 30 a 60  $t \cdot ha^{-1}$ , según Rodríguez *et al.* (2011), lo que pudiera estar dado como repuesta al comportamiento de la variedad ante las condiciones de cada ambiente y al establecimiento de la plantación en período medio tardío del cultivo (Gómez *et al.*, 2010), los que consideran como período óptimo para el cultivo del 21 de octubre al 20 de diciembre donde se deben lograr los mayores rendimientos de cada variedad.

La inoculación con estos microorganismos permitió incrementos del rendimiento con respecto al testigo, siendo conocido que las micorrizas incrementan el rendimiento de los cultivos y reducen el consumo de

fertilizantes minerales, dado esto por la presencia de las hifas extraradicales cuyo pequeño tamaño les permite entrar en los poros más diminutos del suelo, y poder acceder a los nutrientes del mismo según plantearon Bethlenfalvai y Linderman (2004) y Correa *et al.* (2011).

A su vez, está demostrado y corroborado el efecto positivo de HMA en el cultivo del tomate, coincidiendo los resultados alcanzados con los obtenidos por Rodríguez *et al.* (2011) trabajando en este cultivo, logrando buenos rendimientos y ahorro de fertilizantes.

De forma general, el tratamiento con *G. Cubense* exhibió el mejor comportamiento con valores superiores al resto de los tratamientos, lo cual sugiere que la interacción de esta especie con las plántulas de tomate está más favorecida para las condiciones estudiadas. Estos resultados confirman los obtenidos por Hernández (2001), en estudios similares, así como por Llonín y Medina (2002) en etapa de campo.

Concluyendo que las aplicaciones de fertilizantes minerales garantizan los mayores rendimientos en presencia de la inoculación de la cepa eficiente de HMA que originan los mayores valores de porcentajes de colonización y de esporas, dejando claro que la vía del efecto a la inoculación es un mayor funcionamiento micorrízicos y este origina mayores rendimientos.

TABLA 2  
Efecto sobre el número de frutos por plantas, masa promedio de los frutos del tomate y rendimiento (t.ha<sup>-1</sup>)

Tratamientos	Frutos por plantas	Masa frutos (g)	Rendimiento (t.ha <sup>-1</sup> )
T-1 (testigo)	8.33 a	69.33 a	19.32 a
T-2 (G. Mosseae)	10.22 b	73.11 b	24.90 b
T-3 (G. Intraradices)	10.67 b	74.56 c	26.54 c
T-4 (G. Cubense)	13.78 c	75.89 d	34.87 d
C.V (%)	15.58	2.89	15.58
E.E	0.94	1.19	0.94

### Para el cultivo de la lechuga

En la tabla 3 se expresa que el tratamiento con (G. Intraradices) permitió obtener pesos estadísticamente superiores a los demás tratamientos seguidos por el tratamiento con (G. Cubense) quien presentó resultados intermedios mientras que la menor producción se obtuvo en el tratamiento donde se aplicó (G. Mosseae) y el Testigo. Estos resultados superaron a los obtenidos por Baldoquín *et al.* (2015), quienes informaron valores promedios de 115 g/plantas pero con el uso del estimulante del crecimiento vegetal Enerplant.

Ley *et al.* (2011 y 2016) al aplicar una mezcla de cuatro cepas de HMA en dos variedades de lechuga obtuvieron una producción de 1.9 a 2.6 veces superior al testigo en campo. Los valores mayores de MFA obtenidos con la aplicación del tratamiento mixto puede considerarse un efecto de la sinergia existente entre las especies de HMA aplicadas.

Respecto a la masa de las plantas Sylva (2016), reportó mayores masas que las obtenidas en esta investigación, con la combinación de EcoMic+FitoMas E (383g), aunque se obtuvo con el tratamiento a base de Ecomic solamente, resultados de hasta 375g.

Jiménez *et al.* (2014), al analizar la aplicación combinada de extracto de vermicompost y solución de Steiner en la producción hidropónica de lechuga, llegan a la conclusión que reduce los valores de peso de biomasa por lo que estos resultados no coinciden con los de la presente investigación, demostrando una vez

más la efectividad de los Hongos Micorrízicos Arbusculares como una alternativa fiable para garantizar un aumento en el desarrollo y la productividad de los cultivos.

En estudio realizado en un sistema hidropónico de NFT (Nutrient Film Technique) emplazado en un invernadero en la localidad de Río Gallegos, Santa Cruz, los resultados indicaron pesos (110 y 140 g) inferiores a los obtenidos en esta investigación, aunque las variedades en estudio eran Gran Rapid y Gallega, (Birgi, 2014).

Silva (2016), informa que en el cultivo de la lechuga se obtuvieron rendimientos superiores en un con la utilización de Hongos micorrízicos como método de fertilización, cuyos resultados superaron al testigo sin inocular en un 38%.

Según MINAG (2013), la utilización del Ecomic ha provocado incrementos en los rendimientos entre 15 y 50 %. Berruti *et al.* (2014), explica que generalmente el aumento de los rendimientos de los cultivos con el uso de las HMA está asociado a un incremento en el área de exploración del sistema radical y por tanto mayor disponibilidad de nutrientes.

En otros cultivos también se han informado incrementos en los rendimientos con el uso de HMA, como es el caso del frijol (*Phaseolus vulgaris*, L.) donde los incrementos promedios obtenidos en rendimiento oscilaron entre 0,25 a 0,35 t.ha<sup>-1</sup> y por la aplicación conjunta de EcoMic y especies de Rhizobium entre 0,5 a 0,65 t.ha<sup>-1</sup>(INCA, 2013).

Luna *et al.* (2016), al evaluar la interacción entre hongos micorrizogénos obtenidos en la granja experimental de la Universidad del Magdalena y su efecto en el desarrollo de plantas de ají encontraron un aumento significativo de los rendimientos, por lo que se llegó a la conclusión que el adiconamiento de hongos micorrizogénos representa una estrategia factible en producción de cultivos.

TABLA 3  
Efecto sobre la masa por plantas (g) y rendimiento de la lechuga en (t.ha<sup>-1</sup>)

Tratamientos	Masa/plantas (g)	Rendimiento (t.ha <sup>-1</sup> )
T-1 (testigo)	117,33	5,06
T-2 (G. Mosseae)	138,10	5,96
T-3 (G. Intraradices)	185,54	8,00
T-4 (G. Cubense)	161,28	6.96
C.V (%)	11.71	
E.E	2.0234	

Letras distintas indican diferencias significativas (p<=0,05)

La tabla 4.- muestra la influencia de los tratamientos en los parámetros de calidad. En cuanto a la textura el 70 % de los individuos encuestados coincidieron que la textura más suave la presentaba el tratamiento con la cepa de (G. Intraradices), mientras el tratamiento testigo y el tratamiento donde se aplicó la cepa G. Cubense, entraron en el rango de textura media con valores de 80 y 70% respectivamente. La textura más rugosa lo presentó el tratamiento con G. Mosseae.

El mejor sabor lo mostró el tratamiento con (G. Interadices) con una aceptación de un 50 % por parte de la población, seguido por el (Testigo) con un 40%. El sabor más amargo lo exhibió el tratamiento con (G. Mosseae) con un porcentaje de 70%.

Estos resultados están acordes con uno de los muchos efectos que producen los biofertilizantes al optimizar la asimilación de macros, micros nutrientes, el agua y mejora de la aireación del suelo, ya que a medida que aumenta la disponibilidad de agua, espacio y nutrimentos, la calidad de la lechuga aumenta también (Martínez *et al.*, 2015).

Así Barbán, (2010) y Canseco y Cosme (2014), plantearon que con la aplicación de bioestimuladores se garantizan hortalizas ecológicas de alta calidad y sin riesgos para el medio ambiente, ya que sus efectos involucran procesos en la nutrición, así como en el crecimiento y funciones propias en el desarrollo.

Sin embargo el sabor amargo presentado puede estar dado a que algunos hongos a altas temperaturas sintetizan sustancias con componentes que aportan sabores fuertes y pueden alterar el producto según establece González (2016).

Este criterio coincide con el que plantea Rogier (2011), el cuál aclara que aunque esta variedad de lechuga es de sabor suave, agradable y fresco, frente a temperaturas relativamente altas (hasta 30oC), puede manifestarse el sabor amargo en las hojas.

**TABLA4**  
**Comportamiento de los parámetros de calidad en el cultivo de la lechuga**

Tratamientos	Textura (%)			Sabor (%)		
	Suave	rugosa	media	amargo	aceptabl e	Mejor sabor
T-1 (testigo)	10	10	80	10	50	40
T-2 (G. Mosseae)	20	40	40	70	10	20
T-3 (G. Intraradices)	70	20	10	20	30	50
T-4 (G. Cubense)	0	30	70	20	60	20

**Para el cultivo del pimiento**

En la tabla 5, se exponen los resultados del efecto de los tratamientos con cepas de hongos micorrizógenos en el rendimiento del cultivo del pimiento, donde se observan diferencias estadísticas en el tratamiento dos con la cepa (G. Cubense) respecto al testigo y los demás tratamientos, referente a la masa de los frutos con los mejores valores de 136,50 g, y al número de frutos de 7,40; sin embargo todos los tratamientos inoculados con HMA difieren del testigo, con valores superiores.

Collantes, (2015) en estudio de fertilizantes orgánicos (humus de lombriz) en dos híbridos comerciales de pimiento en la parte alta de la Cuenca del Río Guayas, Quevedo, Ecuador, en la variable referente al masa del fruto obtuvo diferencias estadísticas entre sus tratamiento, con un masa de 113,82 (g) para el testigo.

En estudio realizado por Pacheco (2015), correspondiente al masa de los frutos y número de frutos por plantas en el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill) el tratamiento con la cepa G. cubense fue quien obtuvo mejor resultado. Los que concuerdan con Azcón- Aguilar, (2002) quienes encontraron una respuesta positiva, así como un estímulo sobre el crecimiento y desarrollo de diferentes cultivos.

**TABLA5**  
**Comportamiento de los parámetros de rendimiento en el cultivo del pimiento**

Tratamientos	Frutos por plantas	Masa frutos (g)	Rendimiento (t.ha-1)
T-1 (testigo)	4,50a	95,50a	31,22a
T-2 (G. Mosseae)	6,50c	120,60c	36,27c
T-3 (G. Intraradices)	5,40	109,50b	33,76b
T-4 (G. Cubense)	7,40d	136,50d	41,90d
C.V (%)	14,23	10,42	10,17
E.E	0,7167	144,9417	41,00

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ )

Es de señalar que todos los tratamientos inoculados con cepa de HMA obtuvieron incrementos en los rendimientos, entre los 2,51 y los 10,68 t.ha<sup>-1</sup>, superiores al testigo.

Según MINAG (2013), la utilización del Ecomic ha provocado incrementos en los rendimientos entre 15 y 50 %, Berruti *et al.* (2014), explica que generalmente el aumento de los rendimientos de los cultivos con el uso de las HMA está asociado a un incremento en el área de exploración del sistema radical y por tanto mayor disponibilidad de nutrientes.

Luna *et al.* (2016), al evaluar la interacción entre hongos micorrizógenos obtenidos en la granja experimental de la Universidad del Magdalena y su efecto en el desarrollo de plantas de ají encontraron un aumento significativo de los rendimientos, por lo que se llegó a la conclusión que el adicionamiento de estos hongos representa una estrategia factible en la producción.

Como se sabe los microorganismos con características de biofertilizantes desarrollan sus funciones beneficiosas en la zona rizosférica de las plantas, en estrecha interrelación con las raíces. Los resultados alcanzados en el experimento se consideran altos para el cultivo del pimiento.

Similar a estos, se encuentra en los estudios realizados por Cuenca *et al.* (2003) donde evalúa la influencia de diferentes cepas de HMA, del género *Glomus*, sobre el crecimiento y desarrollo del tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill), obtienen resultados similares.

Al realizar la valoración económica para el tomate (tabla 6) se comprobó que todos los tratamientos donde se utilizó el inoculo EcoMic reportaron utilidades y positivos costos por peso. Las mayores utilidades y los menores costos por peso se obtuvieron con la utilización de la cepa *G. Cubense* con una ganancia de \$ 36678,7.

Así queda demostrado que las tecnologías de fertilización alternativas, como cepas de EcoMic, mejores adaptadas a las condiciones edafoclimáticas de cada zona, constituye una solución económica para el país, si se tiene en cuenta que incrementan los rendimientos, reduce el uso de fertilizantes minerales y por consiguiente sus altos costos (Fundora *et al.*, 2009; Cabrera *et al.*, 2011 y Pupo *et al.*, 2014)

Para el caso de la lechuga se observa un comportamiento similar al tomate, donde la mayor ganancia se obtuvo con el empleo de la cepa de EcoMic (*Glomus intrarradices*), con una ganancia de \$ 345800 superior en \$ 129500 respecto al testigo absoluto y un gasto total de \$ 6314,3. Todos los tratamientos evaluados con HMA fueron efectivos pues obtuvieron significativas ganancia con respecto al testigo.

Silva (2016) reportó ganancias de 63200\$.ha<sup>-1</sup> al evaluar el efecto del EcoMic sobre el cultivo de la lechuga en la provincia Las Tunas.

Vega *et al.* (2015), informaron menores ganancias y mayores costos por pesos cuando evaluaron el efecto del bioestimulante de ortiga en el cultivo de la lechuga en Bogotá, Colombia.

Jiménez *et al.* (2013), al realizar la valoración económica de una investigación donde se estudió el efecto del Biobrás 16, Biobrás plus y Quitosana en algunas variables de crecimiento y rendimiento del cultivo de la lechuga, informaron que las mayores utilidades y los menores costos por peso se obtuvieron con la utilización del Biobrás 16, pero al comparar estos resultados con los de la presente investigación, se evidencia que la utilización del EcoMic como biofertilizante sobre el cultivo en estudio, es mucho más económico y a la vez rentable.

Al evaluar los resultados para el pimiento hay que señalar que la mayor ganancia se obtuvo con el empleo de la cepa de EcoMic (*Glomus cubense*), con una ganancia de \$ 226 485,68 superior en \$ 57 975,65 respecto al testigo. Todos los tratamientos evaluados con EcoMic fueron efectivos pues obtuvieron ganancia con respecto al testigo.

Con relación al costo por peso el menor valor se obtiene en el tratamiento dos con cepa (*Glomus cubense*), con \$0,60 por cada peso obtenido; mientras que el mayor valor se refleja en el testigo con \$0,79 por cada peso obtenido.

En general, los resultados obtenidos reafirman que el empleo de cepas del Hongo Micorrizógeno Arbusculares (EcoMic), provoca de manera general un marcado incremento en los procesos de absorción y

translocación de nutrientes tales como P, N, K, Ca, Mg, Zn, Cu, Mo, y B, aumentando el aprovechamiento de los mismos. Genera notables incrementos en la producción agrícola y mejora la calidad de las cosechas alcanzándose mayor valor de la producción. Disminuye los costos por concepto de reducción de las dosis de fertilizantes a aplicar (entre 30 y 70 % de fósforo para la mayoría de los cultivos, así como de otros nutrientes) y utilizando productos de muy bajo costo como es el EcoMic donde se utilizan 2kg.ha<sup>-1</sup> con un valor de \$14, garantizando además la protección del medio ambiente, además conserva la fertilidad del suelo y la biodiversidad, al ser ecológicamente seguro

Así mismo Núñez (2013), asegura que estos productos son un componente vital de los sistemas sustentables, ya que constituyen un medio económicamente atractivo y ecológicamente aceptable de reducir los insumos externos y de mejorar la cantidad y calidad de los recursos internos.

De esta manera los resultados demuestran los beneficios económicos de la aplicación de biofertilizantes, ya que permiten sustituir el 30% de la fertilización química, así el Minag (2013), plantea que la utilización de los biofertilizantes en los sistemas agrícolas productivos es una alternativa para lograr un desarrollo agrícola económicamente viable y sostenible, con un impacto social y medioambiental positivo.

**TABLA 6**  
**Valoración económica**

Tratamientos	Tomate			Lechuga			Pimiento		
	Vp	Ct	G	Vp	Ct	G	Vp	Ct	G
(testigo)	2144 5,2	201 8,0	19427,2	222600 ,3	6307 ,3	216300	16914,62	1 004,6	168 510,02
(G. Mosseae)	2763 9,0	202 7,0	25612,0	262100 ,3	6314 ,3	255700	196957,70	1 011,6	195 946,10
(G. Intraradices)	2945 9,4	202 7,0	27432,4	352100 ,3	6314 ,3	345800	183337,92	1 011,6	182 326,32
(G. Cubense)	3870 5,7	202 7,0	36678,7	306028 ,8	6314 ,3	299700	227497,28	1 011,6	226 485,68

## CONCLUSIONES

✓ Los resultados demuestran el impacto económico y medioambiental del uso de tecnologías alternativas en la nutrición de cultivos de importancia económica en las condiciones edafoclimáticas y socioeconómicas para el municipio Las Tunas, que pudiera extenderse a otros territorios de la provincia.

✓ Los resultados demostraron que la cepa *G. cubense*, resulto ser la más efectiva al alcanzar mejores resultados en el rendimiento al compararse con el testigo y los demás tratamientos respecto al cultivo del tomate y el cultivo del pimiento, no siendo así para el cultivo de la lechuga que resulto ser más efectiva la cepa *G. Intraradices*.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Acebedo Guerra, A. 2009. Influencia de tres dosis de Fitomás en el cultivo del pepino (*Cucumis sativus* Lin.) bajo condiciones de huerto intensivo. Trabajo de Diploma. La Habana.
2. Al-Mohammadi, F. y Al-Zubi, Y., 2011. Soil chemical properties and yield of tomato as influenced by different levels of irrigation water and fertilizer. *Journal Agriculture Science Technology*, 2011, vol. 13, pp. 289-299. ISSN 1680-7073.
3. Azcón-Aguilar C, Jaizme-Vega MC, Calvet C., 2002. The contribution of arbuscular mycorrhizal fungi to the control of soil-borne plant pathogens. In: Gianinazzi S, Schüepp H, Barea JM, Haselwandter K, editors.

- Mycorrhizal Technology in Agriculture: from Genes to Bioproducts. Birkhäuser Verlag, Switzerland; 2002. p. 187-197.
4. Alarcón A. y Ferrera Cerrato R, 2013. Colegio de Postgraduados. Montecillo. Mundi Prensa, México, 2013, p. 1-15.
  5. Baldoquin M., Alonso Magalis, Gómez Yarisbel, Bertot, I., 2015. Respuesta agronómica del cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa*, L.) variedad Black Seed Simpson ante la aplicación de bioestimulante Enerplant. Universidad de Granma, Bayamo, Cuba. 2015. ISSN papel: 0253-5785 ISSN on line: 2072-2001
  6. Barbán Delfrán, 2010. Influencia de tres bioestimuladores Bayfolan-forte, Enerplant y Fitomas-E en los rendimientos agrícolas del cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa*, L.) en la UBPC # 9 José S Ercilla. Trabajo de Diploma en Opción al Título de Ingeniero Agrónomo Universidad Las Tunas, Cuba.
  7. Berruti, Andrea; R. Borriello; A. Orgiazzi; A. C. Barbera; Erica Lumini y Valeria Bianciotto. 2014. Chapter Arbuscular Mycorrhizal Fungi and their Value for Ecosystem Management. In: Biodiversity - The Dynamic Balance of the Planet. Edited by: Oscar Grillo. ISBN 978-953-51-1315-7.
  8. Birgi Jorge A., 2014. Producción Hidropónica en NFT de hortalizas de Hojas. Estación Experimental Agropecuaria de Santa Cruz. Instituto nacional de Tecnología Agropecuaria. Argentina. Pág. 2 y 11.
  9. Cabrera, M. Mirneyis, Yolais Borrero, Alegna Rodríguez, E. M. Angarica y Omara Rojas. 2011. Efecto de tres bioestimulantes en el cultivo de pimiento (*Capsicum annuum*, L.) variedad atlas en condiciones de cultivo protegido. Rev. Ciencia en su PC, Nº 4, octubre-diciembre, p. 32-42.
  10. Canseco V. Eduardo Pablo y Cosme G., José, 2014. Use micorrizas para mejorar la nutrición vegetal en producción de hortalizas. Disponible en: <http://www.hortalizas.com/cultivos/tomates/>.
  11. Charles, Nelson J. y Martín Alonso, Nelson J., 2014. Uso y manejo de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) y humus de lombriz en tomate (*Solanum lycopersicum* L.), bajo sistema protegido. [en línea]. Cultivos Tropicales, 2014, vol. 36, no. 1, pp. 55-64. ISSN 1819-4087. [Consultado: mayo 2015]. Disponible en: < <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v36n1/ctr07115.pdf/>>.
  12. Correa, J R., 2011. Alternativa de fertilización biológica y orgánica en el frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), variedad guamá en Holguín.
  13. Collantes, J. M. 2015. "Estudio de dos tipos de fertilizantes químicos y orgánicos en dos híbridos comerciales de pimiento (*Capsicum annuum*, L.) en la parte alta de la Cuenca del Río Guayas". Tesis de Grado. Quevedo, Los Ríos, Ecuador.
  14. Cuenca, G., De Andrade, Z., Lovera, M., Fajardo, L., Meneses, E., Márquez, M., Machuca, R. 2003. Pre-selección de plantas nativas y producción de inóculos de Hongos Micorrízicos Arbusculares (HMA) de relevancia en la rehabilitación de áreas degradadas de la gran sabana, estado de Bolívar, Venezuela. Ecotrópicos. Vol. 16, no. 1, p. 27-40. Cultivos Tropicales vol. 28, no.2. 5-11 pp.
  15. Fundora, L. R.; J. González, L. A. Ruiz y J. A. Cabrera, 2009. Incrementos en los rendimientos del cultivo de boniato por la utilización combinada del fitoestimulante FitoMas -E y el biofertilizante EcoMic® en condiciones de producción. Revista Cultivos Tropicales. 30 (3).
  16. González María I., 2016. Alimentos funcionales obtenidos a partir de hongos nutraceuticos. Monografía para optar por el título de Químico Industrial. Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Tecnologías. Química Industrial. Pereira. Colombia.
  17. Gómez, O.; Casanova, A. S.; Cardoza, H.; Piñeiro, F.; Hernández, J. L.; Murguido, C. A.; León, M. F. y Hernández, A. 2010. Guía técnica para la Producción de tomate. Biblioteca ACTAF. Editora: Instituto de Investigaciones Hortícolas «Liliana Dimitrova», La Habana, Cuba, ISBN: 978-959-7210-07-8, 57p.
  18. INCA. 2013. Tecnología de aplicación del EcoMic en la producción de posturas de aguacate. Instituto de Ciencias Agrícolas. San José de las Lajas. Mayabeque. Cuba.
  19. Jiménez-Arteaga, M.C.; L.G. González-Gómez; A. Falcón-Rodríguez; S. Espinosa- Montero: Evaluación de tres bioestimulantes en lechuga en condiciones de organopónico. Centro Agrícola, 40(1): 79-82, 2013.
  20. Jiménez Victorino D., Trejo Libia I., Gómez Fernando C. y Volke Víctor H. Modelos de simulación del crecimiento de lechuga en respuesta a la fertilización orgánica y mineral. Rev. Fitotec. Mex. Vol. 37 (3) 2014