

UCLV
Universidad Central
"Marta Abreu" de Las Villas



FCA
Facultad de
Ciencias Agropecuarias

Agronomía

TRABAJO DE DIPLOMA

*Efecto de la biofertilización con EcoMic® en el cultivo de la fruta
bomba (Carica papaya L.) en condiciones de producción*

Autores: Laura del Toro Gómez

Tutores del trabajo: MSc. Arnaldo Dávila Cruz

Dra. C. Ariany Colás Sánchez

Santa Clara, Junio, 2019

"Año 61 de la Revolución"

UCLV
Universidad Central
"Marta Abreu" de Las Villas



FCA
Facultad de
Ciencias Agropecuarias

Agronomy

DIPLOMA THESIS

*Effect of the EcoMic® biofertilizer in the cultivation of the
pump fruit (*Carica papaya* L.) under production conditions*

Author: Laura del Toro Gómez

*Supervisor: MSc. Arnaldo Dávila Cruz
Dra. C Ariany Colás Sánchez*

*Santa Clara, Junio ,2019
"Año 61 de la Revolución"*

Este documento es Propiedad Patrimonial de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, y se encuentra depositado en los fondos de la Biblioteca Universitaria “Chiqui Gómez Lubian” subordinada a la Dirección de Información Científico Técnica de la mencionada casa de altos estudios.

Se autoriza su utilización bajo la licencia siguiente:

Atribución- No Comercial- Compartir Igual



Para cualquier información contacte con:

Dirección de Información Científico Técnica. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. Carretera a Camajuaní. Km 5½. Santa Clara. Villa Clara. Cuba. CP. 54 830

Teléfonos.: +53 01 42281503-1419

Agradecimientos



A mis tutores MSc. Arnaldo Davila Cruz y Dra. C. Ariany Colás Sánchez por toda su ayuda, cooperación y el tiempo dedicado en el desarrollo de este documento, sin ellos no hubiese sido posible este sueño.

MUCHAS, MUCHAS GRACIAS!!!!

Al campesino Raymundo, quien amablemente nos permitió montar el experimento.

MUCHAS, MUCHAS GRACIAS!!!!

A Edel Pérez Quintanilla por su ayuda incondicional

MUCHAS, MUCHAS GRACIAS!!!!

A los obreros que contribuyeron en la realización del trabajo de campo y laboratorio, especialmente a Cupull.

MUCHAS, MUCHAS GRACIAS!!!!

A mis padres y hermano por estar siempre dispuestos a ayudarme en lo que fuese necesario.

A mi novio que me ha apoyado incondicionalmente en casi todos mis años de universidad, aunque ahora no se encuentre presente.

A USTEDES MI GRATITUD ETERNA!!!

A la Revolución cubana por todas sus bondades.

A todos, muchas gracias,

La autora

Dedicatoria



*A mis padres, por su apoyo durante toda mi vida y en la carrera.
A toda mi familia y amigos por su apoyo
y comprensión en todo momento.*

Pensamiento



*(...) Tener talento es tener buen corazón;
el que tiene buen corazón, ese es el que tiene talento.
Todos los pícaros son tontos.
Los buenos son los que ganan a la larga. (...)*

José Martí.

T. 18 Pág.324

Resumen



Con el objetivo de evaluar el efecto del biofertilizante EcoMic® en el cultivo de la papaya (*Carica papaya* L.), fue realizada una investigación en un diseño completamente aleatorio en condiciones de producción, con cuatro tratamientos, Control, NPK, EcoMic® y EcoMic® +Estiércol vacuno, cada uno constituido por tres réplicas. Para evaluar los indicadores agroproductivos del cultivo se seleccionaron de forma aleatoria 15 plantas por tratamientos. Para el procesamiento estadístico de los datos se utilizó el paquete estadístico STATGRAPHICS Centurion Versión 15.2 sobre Windows XP. El estudio se desarrolló en áreas de un usufructuario de la UBPC “28 de octubre”, Finca “Las Antillas”, municipio Santa Clara, sobre un suelo Pardo mullido carbonatado, en el período de febrero a octubre del 2018. Se determinó la colonización de los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) en el sistema radicular y su efecto sobre algunos indicadores morfofisiológicos en el cultivo como: altura de planta (AP) y diámetro del tallo (DT), evaluados a los 90,140 y 190 días después del trasplante. Otros indicadores agroproductivos como peso promedio del total de los frutos con madurez técnica por tratamiento, peso promedio del fruto por planta y número de frutos por planta, fueron evaluados a los 240 días después del trasplante. Los mejores resultados se alcanzaron con el tratamiento de EcoMic® combinado con estiércol vacuno, en todos los indicadores evaluados.

Índice



Índice

1. Introducción	1
2. Revisión Bibliográfica.....	3
2.1. Importancia económica de la papaya	3
2.2 Origen y distribución de la papaya	4
2.3. Producción y comercialización de la fruta bomba	5
2.4. Principales cultivares en producción en Cuba	6
2.5. Ubicación taxonómica de la fruta bomba.....	7
2.6 Características botánicas de la fruta bomba	8
2.7 Maduración técnica del fruto de fruta bomba	9
2.8 Ecología del cultivo.....	10
2.9 Condiciones edafológicas para el desarrollo del cultivo.....	10
2.9.1 Requerimientos nutricionales del cultivo.....	10
2.9.2 Riego del cultivo de la fruta bomba	11
2.9.3 Fertilización orgánica.....	11
2.9.4 Importancia de los inoculantes microbianos para el desarrollo de una agricultura agroecológica en Cuba	12
2.9.5 Los Hongos Formadores de Micorrizas Arbusculares (HMA)	12
2.9.6 Generalidades del Biofertilizante EcoMic®	13
2.9.7 Simbiosis micorrízica arbuscular.....	13
3. Materiales y Métodos	15
3.1 Localización y caracterización de la zona de estudio.....	15
3.1.1 Caracterización de las propiedades de suelo del área experimental.....	15
3.2 Características climáticas del área de estudio	16
3.3 Diseño de experimento	16
3.4 Atenciones culturales al experimento	16
3.5 Determinación de la densidad de esporas	17
3.6 Determinación de la infestación micorrízica en las raíces	17
3.6.1 Metodologías para evaluar colonización micorrízica	18

3.7 Indicadores morfológicos	19
3.7.1 Diámetro del tallo (cm)	19
Fue determinado a 10 cm de la base del tallo mediante el empleo de un pie de Rey, a los 90, 140 y 190 DDT.	19
3.7.2 Altura de la planta (m)	19
3.8 Indicadores agroproductivos	19
3.8.2 Peso fresco de los frutos	19
3.9 Procesamiento estadístico	19
4. Resultados y Discusión	20
4.1. Efecto de los tratamientos sobre la densidad de esporas e infestación radicular	20
4.2. Efecto de los tratamientos sobre Indicadores morfológicos	22
4.3 Efecto de los tratamientos sobre algunos indicadores agroproductivos	25
4.4. Relación entre algunos indicadores morfofisiológicos y el porcentaje de colonización radicular	27
Conclusiones	29
Recomendaciones	30
Referencias bibliográficas	
Anexos	

Introducción



1. Introducción

La producción y comercialización de frutas y verduras orgánicas, ha venido creciendo de manera sostenida durante las últimas dos décadas, no sólo en mercados de países desarrollados como los Estados Unidos y la Unión Europea, sino también en economías emergentes como China (FMI,2017).

En términos de producción a nivel global, se encuentran en primer lugar el mango (*Mangifera indica* L.) con 38.6 millones de toneladas (52,86 % de la producción total de frutas tropicales) y en segundo lugar la piña (*Ananas comosus* (L.) Merr) con 19,41 millones de toneladas (26,58 % del total de frutas tropicales producidas).

La papaya (*C. papaya* L.) ocupa un lugar privilegiado en la demanda de los consumidores y ello se refleja en las cifras de producción. Debido a la mayor resiliencia del cultivo a las condiciones climáticas adversas, la producción de papaya sufrió daños considerablemente en los primeros nueve meses del 2017, y va en camino de igualar la tasa de crecimiento promedio anual de 3,3 % registrada en los últimos diez años. Se cultiva en más de 60 países y se concentra en naciones en vías de desarrollo (FAOSTAT, 2017).

En Cuba, a pesar de los esfuerzos realizados durante varios años, aún no se logra satisfacer las demandas de frutas para los diferentes destinos: consumo de la población, industria y turismo. Tradicionalmente, los rendimientos por hectárea de las plantaciones de frutales han sido bajos, motivado fundamentalmente por el empleo de tecnologías que no son las más adecuadas para su producción intensiva. No obstante, el país se ha trazado proyecciones estratégicas para la producción de los frutales a partir del uso de biofertilizantes o inoculantes de origen microbiano (Pérez *et al.*, 2017).

Un aporte sustancial al uso de la biofertilización en el país lo ha realizado el Instituto de Ciencias Agrícolas (INCA), quienes desarrollaron el biofertilizante EcoMic[®] en base a hongos micorrizógenos del género *Glomus*, que tienen un impacto significativo en la nutrición y desarrollo de las plantas, con incrementos, considerables en los rendimientos (Ortega, 2013).

Los inoculantes microbianos, cuando entran en contacto con materia orgánica, secretan sustancias beneficiosas como: vitaminas, ácidos orgánicos, minerales quelados y antioxidantes. Estos últimos, promueven la descomposición de materia orgánica y aumentan el contenido del humus de los suelos, con el consecuente incremento de los rendimientos de los cultivos. Esta tecnología debe convertirse en una importante alternativa en el futuro (Martínez *et al.*, 2017).

Teniendo en consideración los elementos anteriormente expuestos se plantea el siguiente problema científico: no se ha monitoreado el efecto de la biofertilización con EcoMic® en la fruta bomba cv. Gigante Matancera, en condiciones de producción sobre un suelo Pardo mullido carbonatado.

Hipótesis

La utilización de EcoMic® contribuirá al mejoramiento de los indicadores morfofisiológicos y agroproductivos del cultivo de la papaya en condiciones de producción.

Objetivo General

Evaluar el efecto del EcoMic® y su combinación con estiércol vacuno en el cultivo de la fruta bomba cv. Gigante Matancera en condiciones de producción.

Objetivos específicos

1. Evaluar el efecto del EcoMic® y su combinación con estiércol vacuno, sobre la densidad de esporas y el % de colonización radicular.
2. Determinar el efecto del EcoMic® y su combinación con estiércol vacuno sobre algunos indicadores morfofisiológicos y agroproductivos del cultivo.
3. Establecer las correlaciones entre los niveles de colonización radicular y los indicadores morfofisiológicos evaluados.

Revisión Bibliográfica



2. Revisión Bibliográfica

2.1. Importancia económica de la papaya

El cultivo de la papaya (*C. papaya* L.) ha tenido un crecimiento en el mundo en los últimos años, debido a la demanda de los consumidores de los frutos por sus propiedades nutritivas, medicinales y su sabor (Mejía y Vides, 2018).

El uso más común de este fruto es su consumo en fresco y se le considera una buena fuente de calcio, con alto contenido de vitaminas A y C, por tanto, es una buena fuente nutricional (Nava, 2008). Con esta fruta también se elaboran jugos y dulces. Tiene magníficas propiedades para facilitar la digestión de alimentos de difícil asimilación, debido a su alto contenido de papaína. Aguirre *et al.* (2017) destacan el elevado contenido nutricional de esta caricácea en vitaminas A y C, potasio, ácido fólico, niacina, tiamina, riboflavina, hierro y fibra, lo que la convierte en una de las principales frutas de importancia alimenticia.

Los frutos maduros también se emplean para hacer bebidas frescas o bebidas suaves carbonatadas, helados, mermeladas, bolas o cubos enlatados con jarabe, fruta cristalizada, encurtidos y pulpa seca en dulce. Los tallos y las hojas contienen pequeñas cantidades de carpaína, un alcaloide estimulante del ritmo cardíaco (Marín, 2015).

Según Mejía y Vides (2018) el cultivo de la papaya ofrece ingresos a partir de los 7 meses de trasplantado, siendo uno de los frutales más precoces. Constituye un cultivo económicamente viable para los productores.

La papaya es una de las frutas más importantes en Cuba por su gran valor nutricional y contenido de vitaminas. Se consume fundamentalmente como fruta fresca, aunque también es muy popular en conservas y otros productos industrializados. La extracción de la papaína de los frutos verdes y del tallo es de gran utilidad en la industria de cosméticos y en la medicina (Alonso *et al.*, 2006).

La papaína es producida y comercializada por su empleo como ablandador de carnes, en la industria cervecera para la clarificación, para el tratamiento de la lana y de la seda antes de la coloración textil, para depilar el cuero antes del curtido y en la industria farmacéutica, como digestivo. Se utiliza también para el tratamiento de úlceras, como antiinflamatorio y agente adhesivo, después de las operaciones

quirúrgicas. Rica en vitaminas A y D, la papaína forma parte de los ingredientes de numerosas formulaciones de pastas dentales, cosméticos, jabones y detergentes. Se aplica también en el procesamiento del hígado del atún para extraer aceite (Bernal *et al.*, 1999).

Esta fruta es una buena fuente de fibra, que mejora el tránsito intestinal. Cerca del 90% del fruto de la papaya corresponde a agua, debido a esto posee propiedades diuréticas. Tiene un alto contenido en calcio y gran valor nutritivo (FAO, 2018).

2.2 Origen y distribución de la papaya

Existen diversos criterios acerca del origen de *C. papaya* L. Sin embargo, los investigadores coinciden en señalar a Centro y Sudamérica como los lugares de origen de esta especie. Jiménez (2002) es más preciso y señala al Centro Sur Mexicano y Centroamericano, que comprende al Sur de México, Guatemala, Honduras y Costa Rica. Fue descrita por primera vez por el cronista español Oviedo en 1526 en la Costa del Caribe. A Panamá llegó en 1535, a Puerto Rico en 1540 y unos años después, a Cuba. En 1611 se cultivaba en la India y a partir de 1800 fue ampliamente distribuida en las islas del sur del Océano Pacífico (Manshardt, 1992; Teixeira *et al.*, 2007).

Seymour *et al.* (1993) señalan que la papaya es originaria de las islas bajas de América Central y que fue distribuida en la prehistoria desde México hasta Panamá (fue llamada "ababat" por los Mayas), después de que fue descubierta por Cortés y rápidamente se diseminó por Asia y África. El lugar de origen más aceptado es la América Central y desde aquí se extendió hacia todas las regiones tropicales del planeta donde se cultiva actualmente (Chandler, 1967; Mederos, 1991). De cualquier forma, es una especie originaria de la zona tropical de las Américas, sin dudas, domesticada por alguna antigua civilización. La familia Caricaceae incluye solamente cuatro géneros, tres de los cuales son de América Tropical (*Carica*, *Jacaratia* y *Jarilla*) y uno del África Ecuatorial (*Cylicomorpha*).

Posee un tipo morfológico arbóreo, de clima tropical y la parte que más se utiliza es el fruto, generalmente. Esta fue cultivada rápidamente en todas las zonas tropicales y subtropicales del mundo, entre los 32 grados de latitud norte y sur del Ecuador, como consecuencia de la dispersión realizada por los marinos españoles y portugueses, pocos años después del descubrimiento de América, ya que su distribución,

indudablemente es auxiliada por la abundancia de semillas de relativamente amplia viabilidad. Este cultivo se ha adaptado a diversas regiones, particularmente en áreas con suelos fértiles y lluvia abundante (Mandujano, 2007).

2.3. Producción y comercialización de la fruta bomba

Mejía y Vides (2018) refieren que en los últimos años el 50% de la producción mundial se concentra en Brasil, México y la India. En 2012 se produjo un total de 11 568 346 toneladas a nivel mundial (Marín, 2015).

Estudios de la FAO (2011) citan un estimado de 8,6 millones de toneladas métricas de fruta bomba cosechadas en el mundo en 2009, monto que representó el doble del volumen cosechado en 2005, registrándose los mayores índices de producción en Brasil e India. La dinámica internacional de la fruta bomba ha propiciado que durante los últimos años las exportaciones observen un acelerado incremento, tendencia que se espera continúe en los siguientes años. Según FAO (2012), se produce fruta bomba en alrededor de 60 países. En ese año se produjeron un total de 11 568 346 toneladas a nivel mundial.

Los países con mayor producción de fruta bomba a nivel mundial son: Brasil, con el 25%, seguido de México (13%), India (10%), Nigeria (10%) e Indonesia (9%), lo que representa el 67% de la producción total. Los principales países exportadores de fruta bomba a nivel mundial son: México con un 36% de la participación total, seguido de Brasil y Belice con el 12% cada uno y Malasia con el 10% (FAO, 2018).

A mediano y largo plazo se espera continúe el dinamismo de la demanda externa, donde los factores coyunturales serán el desarrollo de variedades, el avance en el manejo del cultivo, el desarrollo de tecnologías de vivero, el transporte y manejo de la cosecha y poscosecha (Álvarez, 2012).

Según FAO (2018) las importaciones en el mundo están reflejadas en un crecimiento constante, lo que denota la preferencia que está ganando la fruta bomba en el gusto de países en los cuales no se cultiva. El valor de las importaciones ha sido un promedio del año 2005 al 2009 de 113,6 millones de dólares, alcanzando su cifra tope en el 2007, para un monto de 163,6 millones de dólares.

De las principales frutas tropicales, la fruta bomba, si bien es la menos comercializada, ha experimentado un crecimiento prometedor en el último decenio.

Los mayores importadores de fruta bomba en 2017 fueron los Estados Unidos (Altendorf, 2017).

La producción de fruta bomba en Cuba tuvo un aumento considerable en el año 2011 en relación con los años anteriores y a partir de ese momento se ha mantenido estable sobre las 130 000 toneladas por año, siendo las principales productoras las provincias de Granma y Camagüey, debido a la cantidad de hectáreas destinadas a este cultivo. Con un volumen de producción de 135 000 toneladas en el año 2012, nuestro país se ubicó en el puesto número 13 a nivel mundial en la producción de fruta bomba destinada principalmente al turismo, la industria alimenticia y los mercados estatales agropecuarios, para el consumo fresco de la población (INIVIT, 2012).

2.4. Principales cultivares en producción en Cuba

Maradol Roja: Cultivar de origen cubano, obtenida en el Instituto de Investigaciones de Viandas Tropicales (INIVIT), de maduración temprana (comienza su ciclo de cosecha entre los seis y siete meses). Frutos consistentes, con un peso promedio de 1,60 a 2,20 kg, de forma oblonga y pulpa roja, excelente sabor y alto potencial productivo (Marín, 2015).

Maradol Amarilla: Cultivar de origen cubano, obtenida en el INIVIT, de maduración temprana (comienza su ciclo de cosecha entre los seis y siete meses). Frutos consistentes y de excelente sabor, con peso promedio entre 1,50 y 2,50 kg, forma oblonga y pulpa amarilla. Alto potencial productivo (Caballero, 2012).

Gigante Matancera: Cultivar originario de la provincia de Matanzas por medio de selección positiva. Registrado como nueva variedad desde 2012, de tallo color cenizo claro y pigmentación en la parte superior, con frutos grandes. Se caracteriza por su alta producción por planta, resistencia a plagas y enfermedades y buena aceptación entre los consumidores, aunque se destina fundamentalmente a la industria. Es una variedad de maduración temprana, de frutos consistentes, con peso promedio de 1.5 a 2.8 kg, en el primer racimo de frutos, con un Brix entre 11 y 12 %. La Gigante Matancera se cultiva en todos los municipios de Matanzas, así como en Ciego de Ávila y Contramaestre, con altos rendimientos por hectárea, que la convierten en una fuerte competidora de la Maradol Roja, hasta ahora el cultivar más conocido en Cuba (MINAGRI,2014).

Se destacan otros cultivares del grupo 'Solo' introducidas al país para diversificar el mercado: 'Golden Solo', 'Sunset' (Improved Sunrise Solo Línea 72/12), 'Baixinho de Santa Amalia' y 'BH-65' (Alonso *et al.*, 2009).

'INIVIT fb – 2000 Enana': Variedad obtenida en el INIVIT. Plantas de bajo porte (0,65 – 0,95 m). Produce frutos de forma oblonga, con un promedio de 37 frutos/planta, de mesocarpio rojo, con un Brix entre 10 y 13%. El peso promedio de los frutos varía entre 0,5 y 2,0 kg.

HG/MA: Cultivar cubano obtenido mediante hibridación. De frutos grandes, con peso promedio de 3,70 kg, pulpa de color amarilla, de forma oblonga con el extremo agudo.

HG/MR: Cultivar cubano obtenido mediante hibridación. De frutos grandes, con peso promedio de 3,70 kg, pulpa de color rojo, de forma oblonga con el extremo agudo (IIFT, 2011).

Nika III: Cultivar procedente de Nicaragua, con frutos de forma alargada, algo deformes. Su pulpa es de color rosado pálido a intenso, algo insípida y muy jugosa. Peso medio de 5,50 kg.

Scarlett Princess: Híbrido con una altura superior a los 2 metros, frutos con peso entre 1, 3 y 1,9 kg, de forma alargada y pulpa de color naranja salmón.

'Tainung 1': Híbrido con altura de más de 2 m, frutos con peso 0,90 kg de forma piriforme elongata y de pulpa color roja anaranjada intenso.

2.5. Ubicación taxonómica de la fruta bomba

Su ubicación taxonómica es la siguiente:

División: *Spermatophyta*

Subdivisión: *Magnoliophytina*

Clase: *Magnoliatae*

Orden: *Parietales*

Familia: *Caricaceae*

Género: *Carica* L., 1753

Especie: *Carica papaya* Lin., 1753

2.6 Características botánicas de la fruta bomba

Sistema radical. El sistema radical es típico o pivotante formado por una raíz principal y varias secundarias. Este es poco profundo, napiforme, dispuesto generalmente de forma vertical y radial con alto contenido de agua y consistencia relativamente blanda. El 65% del área radical de la fruta bomba está a 30 centímetros de profundidad. Es una planta herbácea, de crecimiento rápido y vida corta.

Tallo. Es cónico y rara vez ramificado, su altura y grosor varía con la variedad a cultivar. El tallo joven es hueco, dividido por tabiques membranosos y a medida que se desarrolla en la parte inferior se llena de un tejido suave y la corteza toma consistencia fibrosa. El color de la corteza del tallo joven varía entre verde y tonalidades moradas que después pasan a tomar color grisáceo según envejece.

Hojas

Las hojas son grandes, palmeadas, con lóbulos profundos y borde dentado. Su forma varía en función del cultivar; se han clasificado más de 15 tipos de hojas. El color puede variar de verde a violáceo, siendo más intenso en el pecíolo. Una planta adulta posee alrededor de 50 hojas funcionales. Las hojas caen mientras el árbol crece, dejando una cicatriz característica en el tallo (INIVIT, 2014).

Inflorescencia

Las inflorescencias son axilares, colgantes y bracteales. Las flores pueden ser unisexuales o hermafroditas y se encuentran en principio tres tipos de plantas: femeninas (con flores pistiladas), hermafroditas (llamadas a veces monoicas o andromonoicas, con flores estaminadas y pistiladas en la misma inflorescencia) y masculinas o androicas (de flores solo estaminadas). Las formas sexuales en los árboles de fruta bomba son mucho más complejas debido a las posibles combinaciones de los diferentes tipos de flores sobre un mismo árbol (Mejía y Vides, 2018).

Esta especie emite varios tipos de flores y cada una origina un tipo diferente de fruto en cuanto a forma y calidad, principalmente. En una misma planta pueden aparecer flores femeninas, masculinas y hermafroditas.

Tipos de flores de la fruta bomba según Mederos (1991):

Tipo I. Flor femenina que da frutos redondos, ovoides u oblongos

Tipo II. Hermafrodita pentandria, con cinco estambres y un ovario. Esta flor origina frutos globosos, ovoides y con la sección transversal lobulada.

Tipo III. Hermafrodita intermedia, con seis a nueve estambres y un ovario. En las flores normales los frutos son grandes y de buen aspecto, pero tanto esta flor como la anterior presentan muchas anomalías que le impiden desarrollar frutos y por lo tanto las plantas que las poseen dan bajos rendimientos.

Tipo IV. Hermafrodita elongata. Es la hermafrodita perfecta y tiene diez estambres y un ovario. Asegura la mayor producción de frutos, estos son de forma cilíndrica, alargados y de muy buena calidad.

Tipo V. Masculina. Posee diez estambres y un pistilo rudimentario que no es capaz de dar fruto.

Tipo VI. Falsa hermafrodita. Esta flor exteriormente parece hermafrodita pues tiene engrosados todos sus órganos, pero al igual que la anterior, el pistilo no es funcional.

Fruto

La fructificación de la fruta bomba se inicia a los 10-12 meses, dependiendo del clima y del cultivar. El fruto es una baya de gran tamaño, de coloración verde claro a oscuro cuando está verde y al madurar se torna de color amarillo a rojo con una textura más o menos firme y aspecto que varía en relación con la variedad. Pueden aparecer solitarios o en racimos y la fructificación guarda relación con el grosor del tallo. Las semillas están en la cavidad existente en el centro del fruto y son de color negrozco, aspecto rugoso y cubiertas por una sustancia mucilaginosa (Alonso *et al.*, 2018).

2.7 Maduración técnica del fruto de fruta bomba

La maduración técnica del fruto de la fruta bomba ocurre cuando los frutos comienzan a perder su color verde intenso por uno verde claro y toman vetas amarillas al inicio de la maduración (rayonas), lo cual ocurre entre los 190 y 240 días de establecida la plantación. Se cosechan generalmente de acuerdo a sus cambios de coloración según su destino: verde maduro (verde oscuro, pero cuando han completado su desarrollo), rompiendo el color (verde claro con trazas de amarillo en el pedúnculo o pintonas) y frutos maduros (se categorizan en $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ y $\frac{3}{4}$ de color amarillo). Para embarques a largas distancias se cosechan generalmente al romper el color o entre esta categoría y la de $\frac{1}{4}$ del color amarillo (Kader, 1992; Alberto *et al.*, 2000).

2.8 Ecología del cultivo

La temperatura es un factor climático limitante a este cultivo. La óptima oscila entre 23 y 26 °C. Cuando es superior a los 30 °C en forma constante se producen perturbaciones en la planta (Mederos, 1991). Con temperaturas inferiores a 5 °C se observan quemaduras en los bordes de las hojas de las plantas en vivero y en producción; por debajo de los 12 °C ya hay reducción del crecimiento y si continúa el descenso se incrementan los daños. Además, es un cultivo exigente en luz; las plantas que crecen a la sombra son altas, amarillas y con bajas producciones, al igual que aquellas que crecen con espacio vital inferior a 4 m². El agua es el constituyente principal de la fruta bomba y está presente en el 85 % de sus tejidos. Es de vital importancia durante todo el ciclo de desarrollo del cultivo y fundamentalmente en la fase de vivero y primeros meses después de plantada, donde requiere por lo general dos riegos semanales. Esta planta es muy susceptible a los vientos fuertes, los cuales pueden ocasionar rupturas de hojas y tallos, caídas de frutos y en ocasiones de toda la planta que resulta encamada; estos aceleran la transpiración, lo que unido a un déficit hídrico fuerte, puede incrementar los daños (INIFAT, 2011).

2.9 Condiciones edafológicas para el desarrollo del cultivo

Las plantas de fruta bomba pueden crecer en suelos muy diversos. Para un buen desarrollo y producción requiere de suelos fértiles, de textura media, con un contenido de arcilla de 10% a 30%, profundidad mayor de 80 centímetros, con buena estructura y drenaje superficial, de pH entre 6,0 y 7,5; preferentemente con buen contenido de materia orgánica. Los encharcamientos de más de 48 horas pueden causar daños a la planta y en ocasiones su muerte (Nava, 2008).

2.9.1 Requerimientos nutricionales del cultivo

La absorción de nutrientes es un proceso fisiológico y funcional que involucra nutrientes cualitativa y cuantitativamente diferentes. Por lo que definir cada una de las etapas de desarrollo del cultivo durante el ciclo de vida, permitirá familiarizarse con los requisitos nutricionales y los momentos de máxima absorción (Carvajal, 2015).

Nitrógeno. Fundamental para el crecimiento vegetativo, brinda el color verde intenso a las plantas, activa el rápido crecimiento, aumenta la producción de hojas, es un constituyente de la clorofila, la cual permite la fotosíntesis. Su deficiencia provoca

bajos rendimientos, pérdida del color verde de las hojas hacia un amarillo, madurez prematura.

Fósforo. Vital en el proceso de división celular, aporta energía durante la fotosíntesis y el transporte de carbohidratos, facilita la formación rápida y el crecimiento de las raíces, estimula la formación de semillas y ayuda a la fijación de frutos. Su carencia se manifiesta por retraso en la floración y baja producción de frutos y semillas.

Potasio. Es el nutriente de mayor importancia cuantitativa y cualitativa en la producción, interviene activamente en el proceso de división celular, regulando las disponibilidades de azúcares. Interviene en los procesos de absorción de Ca, N y Na, otorga vigor y resistencia contra las enfermedades y bajas temperaturas, ayuda a la producción de proteínas y se encarga del transporte de azúcares desde las hojas al fruto. Su deficiencia se muestra como una necrosis en los márgenes y en las puntas de las hojas más viejas, bajo rendimiento y poca estabilidad de la planta, frutos de baja calidad lo que influye en las pérdidas poscosecha (Mejía, 2014).

La fruta bomba se caracteriza, a partir del inicio de la fructificación, por realizar todas las funciones al mismo tiempo (desarrollo vegetativo, formación de flores, frutos, semillas y regeneración del sistema radical) y requiere de una nutrición balanceada. La cantidad de nutrientes que requiera o absorba el cultivo durante su ciclo de vida está en función directa su rendimiento (IIFT, 2012).

Gómez y Martínez-Viera (2016) refieren que en el cultivo de la fruta bomba los bajos niveles disponibles de nutrientes se corresponden con altas probabilidades de respuesta de las asociaciones micorrízicas en el cultivo.

2.9.2 Riego del cultivo de la fruta bomba

El riego debe ser abundante, con intervalos de 7 a 10 días en dependencia del tipo de suelo y de la evapotranspiración existente. Requiere semanalmente un aproximado de 25 mm de precipitación o agua de riego.

2.9.3 Fertilización orgánica

La fruta bomba responde satisfactoriamente a la adición de abonos orgánicos, por lo que su aplicación debe ser la base de su fertilización (Ruiz *et al.*, 2016). Este cultivo depende considerablemente de su asociación con hongos formadores de micorriza arbuscular, sobre todo en sustratos deficientes en P (Ruiz, 2012; Mejía, 2015).

2.9.4 Importancia de los inoculantes microbianos para el desarrollo de una agricultura agroecológica en Cuba

Los biofertilizantes o inoculantes de origen microbiano, pueden definirse como preparados que contienen células vivas o latentes de cepas microbianas eficientes como fijadoras de nitrógeno solubilizadoras de fósforo, potencializadoras de diversos nutrientes o productoras de sustancias activas, que se utilizan para aplicar a las semillas, al suelo o a las hojas, con el objetivo de incrementar el número de microorganismos en el medio y acelerar los procesos microbianos, de tal forma que se aumenten las cantidades de nutrientes que pueden ser asimilados por las plantas o se hagan más rápidos los procesos fisiológicos que influyen sobre el desarrollo y el rendimiento de los cultivos (Martínez-Viera; 2006; San Juan, 2009; Martínez *et al.*, 2017).

La importancia del uso de este producto radica en su capacidad para suplementar o movilizar nutrientes, con un mínimo de recursos no renovables, que generan procesos microbianos rápidos, se aplican en pequeñas dosis y permiten solucionar problemas locales específicos (Aguilar *et al.*, 2016).

La utilización de los inoculantes microbianos en Cuba no es una consecuencia del Período Especial, sino resultado de un largo proceso de investigaciones y la incorporación progresiva de distintas instituciones, con el convencimiento pleno de la utilidad que podía recibir el país mediante la manipulación de los microorganismos del suelo, después de profundos estudios encaminados a obtener los conocimientos básicos sobre la microflora de los suelos cubanos y con el objetivo básico en un principio de sustituir fertilizantes minerales de importación, alcanzando altos rendimientos agrícolas sin la afectación del medio ambiente (Martínez *et al.*, 2017).

2.9.5 Los Hongos Formadores de Micorrizas Arbusculares (HMA)

La micorriza se remonta a unos 400 millones de años, específicamente en el período Devónico, a partir del cual hongos y plantas han evolucionado hasta lo que son hoy en día (Taylor *et al.*, 1995).

El vocablo Micorriza fue empleado por primera vez y con un interés puramente sistemático, para designar “la asociación que se producía entre las hifas de algunos hongos del suelo con los órganos subterráneos de la gran mayoría de las plantas

superiores”. Desde el punto de vista etimológico, la palabra se formó a partir del término griego “mykos” (hongo) y del vocablo latino “rhiza” (raíz) (Bernard, 1885).

Dommerges y Mangenot (1970); Letacon y Obaton (1983); Perry *et al.* (1990); Strullu (1991); Allen (1992) y Pérez (2010) han demostrado que las asociaciones micorrízicas desarrollan múltiples funciones entre las que se destacan: un aprovechamiento más eficiente de la zona radical a partir de un aumento en el volumen de suelo explorado, una mayor resistencia a las toxinas, incremento de la traslocación y solubilización de elementos nutritivos esenciales, aumento de la tolerancia a condiciones abióticas adversas (sequía, salinidad, etc.).

2.9.6 Generalidades del Biofertilizante EcoMic®

Durante varios años, las instituciones científicas del país han desarrollado una amplia gama de productos biofertilizantes de uso agrícola (Martínez *et al.*, 2017). El EcoMic® es un inoculante sólido producido por el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas de Cuba (INCA), basado en hongos formadores de micorrizas arbusculares, cepa *Glomus* spp con un grado de infectividad de 20 esporas por gramo de inoculante. Contiene propágulos de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) con un alto grado de pureza y estabilidad biológica, que viven en simbiosis con las raíces de las plantas superiores. Con el empleo de este bioestimulante logra mayor desarrollo del sistema radical, aumentando la absorción de nutrientes, agua y protección contra algunas plagas de las raíces. Contribuye al mejoramiento de las propiedades físicas y eleva las poblaciones de varias especies microbianas del suelo (MINAGRI, 2010).

Según MINAG (2010) el empleo de los productos Biofert®, Azofert®, Nitrofix®, Fosforina® y EcoMic® sustituye considerables cantidades de fertilizantes químicos en los diferentes cultivos en que se emplean.

2.9.7 Simbiosis micorrízica arbuscular

La simbiosis micorrízica es una asociación planta-hongo que se desarrolla en casi todas las plantas cultivadas y silvestres. Los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) desarrollan hifas extraradicales subterráneas, que son fundamentales para la captación de fosfato inorgánico y otros nutrientes poco móviles del suelo, lo que permite su traslocación a la planta hospedante (Smith y Read, 2008). La mayoría de las plantas en los ecosistemas naturales dependen de diversas especies de hongos micorrízicos para la absorción de fósforo (P), nitrógeno (N) y otros nutrientes. Por

consiguiente, los HMA se consideran de gran interés para la restauración de suelos degradados y la conservación de ecosistemas naturales.

Algunos de los beneficios de la micorriza arbuscular (MA) para las plantas son: aumento de la biomasa (Pagano *et al.*, 2008), aumento de la tolerancia al estrés hídrico (Mathur y Vyas, 2000), estabilización de la estructura del suelo (Rillig y Mummey, 2006) y la reducción de las enfermedades de las plantas (Wehner *et al.*, 2010). Los HMA son diversos, tanto sistemática como funcionalmente, con diferenciación ecológica y especialización tanto en sus ambientes bióticos como abióticos (Fitter *et al.*, 2004; Thonar *et al.*, 2011).

Aparentemente, no existe especificidad taxonómica en la formación de la simbiosis micorrízica, por lo que cualquier planta hospedante puede establecer la simbiosis con cualquiera de las más de 200 especies de HMA descritas hasta el presente. Sin embargo, existen evidencias que indican que las plantas son colonizadas preferencialmente por ciertas especies de HMA, con base en sus efectos diferenciales sobre el crecimiento vegetal y la condición de micotrofia de la planta hospedante (Vandenkoornhuysen *et al.*, 2002), debido a las diferentes funciones que tienen los HMA en la planta.

La mayor respuesta de las plantas a la inoculación con estos hongos se presenta cuando se utilizan sustratos o suelos con limitada disponibilidad de nutrientes (Rivera *et al.*, 2003). Se conoce que el aprovechamiento y la captación de nutrientes por efecto de los HMA dependen de factores inherentes a la planta y el suelo. Generalmente, suelos con alta fertilidad, conducen a una colonización mínima por parte de los hongos micorrízicos, a tal grado que difícilmente se encontrarán asociaciones simbióticas en estos (Finlay, 2004).

Materiales y Métodos



3. Materiales y Métodos

3.1 Localización y caracterización de la zona de estudio

El trabajo se desarrolló en la Finca "Las Antillas", perteneciente a la UBPC 28 de Octubre, ubicada en áreas de la Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, del municipio Santa Clara, cuya extensión es de 4ha, dedicadas a la producción de cultivos varios.

3.1.1 Caracterización de las propiedades de suelo del área experimental

El suelo donde se ubica el área del experimento se clasifica como Pardo mullido carbonatado (Hernández *et al.*, 2015), que correlaciona con un Cambisol eútrico en la World Reference Database de la FAO/UNESCO (1988) y con un Inceptisol del suborden Ustept, subtipo Mollic Eutrudept en la clasificación de la Soil Taxonomy (1999).

En el estudio fueron tomadas muestras de suelo a la profundidad de 20 cm, a partir de una diagonal imaginaria trazada en el campo, de la cual se tomaron aproximadamente 20 submuestras que se reagruparon resultando en un total de 5. Todas las muestras fueron secadas al aire y tamizadas a 0.5 mm y XX para análisis químico y físico respectivamente, que incluyeron el pH (H₂O), pH (KCl); método potenciométrico con una relación suelo-solución 1:2.5, materia orgánica (MO), método colorimétrico de Walkey y Black, P₂O₅ – Oniani.

Los análisis físicos realizados incluyeron el Coeficiente de permeabilidad (Log 10K) - Se realizó según el método de Henin *et al.* (1958). Factor de estructura (% FE) - De acuerdo con Vageler y Alten (1931). Agregados estables (% AE) - Por el método de Henin *et al.* (1958). Límite superior de plasticidad (%hbss LSP) - Se determinó por el método del Cono de Balancín de Vasiliev. Límite inferior de plasticidad (%hbss LIP) - Se determinó por el método de los rollitos de Atterberg. Índice de plasticidad (IP) - Se determinó por la diferencia numérica entre los límites superior e inferior de plasticidad.

Los indicadores físicos representan un suelo degradado por muchos años, bajo laboreo intensivo, con fertilidad media, donde no se aplican enmiendas orgánicas, sometido a estrés hídrico y altas temperaturas (tabla 1).

Tabla 1. Características físicas de los suelos donde se desarrolló el experimento

FE (%)	AE (%)	Permeab (log 10k)	LSP (%hbss)	LIP (%hbss)	IP
59.14	45.07	1.94	54.71	32.27	20.57

Tabla 2. Características químicas de los suelos donde se desarrolló el experimento

KCl	pH	H ₂ O	MO (%)	P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)
5.91		7.20	1.82	1.75.

3.2 Características climáticas del área de estudio

Los datos climáticos fueron suministrados por la Estación Meteorológica No. 343, perteneciente al Instituto de Meteorología (CITMA), ubicada en el municipio Santa Clara (Anexo 1).

3.3 Diseño de experimento

El experimento se enmarcó en el período del 15 febrero al 3 octubre del 2018. Se realizaron cuatro tratamientos, cada uno constituido por tres réplicas. Para evaluar los indicadores morfológicos y agroproductivos del cultivo se seleccionaron de forma aleatoria 15 plantas por tratamientos.

Tratamientos

1. Control
2. Fertilización química NPK (400-577-755 kg. ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O respectivamente)
3. EcoMic® (90 g hoyo⁻¹)
4. EcoMic® (90 g hoyo⁻¹) + Estiércol vacuno (6 kg hoyo⁻¹)

3.4 Atenciones culturales al experimento

Las posturas del cultivar Gigante Matancera fueron adquiridas en el Instituto Nacional de Investigaciones en Viandas Tropicales (INIVIT), ubicado en el municipio de Santo Domingo, provincia Villa Clara. El trasplante se realizó cuando las plantas tenían 20 cm de altura y siete hojas verdaderas totalmente expandidas, así como 1 cm de diámetro del tallo. El área del experimento fue de 0.60 ha, con un marco de plantación de 3 x 1,5 y una densidad de plantas de 1500 plantas ha⁻¹.

Se realizaron 3 riegos por surco, el primero después del trasplante, el segundo 15 días posteriores al trasplante y el último en el mes de abril, a partir de que fueron los meses donde se registraron menores precipitaciones.

Las dimensiones de los hoyos para la siembra fueron de 30 cm de profundidad, por 40 cm de ancho. La dosis a aplicar por hoyo por planta de los fertilizantes y abonos orgánicos se calculó tomando en cuenta la demanda de NPK del cultivo y las características del suelo, según Portieles *et al.* (2008). La fertilización química se realizó en el fondo del hoyo a razón de 90g hoyo⁻¹ de NPK , según lo establecido por INIFAT (2011).

El biofertilizante EcoMic® fue adquirido por el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). Se aplicó en el fondo del hoyo a razón de 90 g (INIVIT, 2007). Se aplicaron 6 kg de estiércol vacuno, como materia orgánica en el momento de la siembra (tabla 3). Para realizar esta actividad, se utilizó tracción animal y dos obreros de la finca.

Tabla 3. Composición química del estiércol bovino utilizado

Material	MS (%)	pH (H ₂ O)	MO (%)	C/N	N (%)	P (%)	K (%)
Estiércol Vacuno	94.30	7.5	52.28	18.01	1.70	0.41	2.10

3.5 Determinación de la densidad de esporas

A los 240 días después del trasplante (DDT) se realizó un conteo de las esporas de HMA en el suelo. Implementando la metodología propuesta por Jenkins (1964) modificadas. La cual propone, que se pesen 100 g de suelo, a los cuales se le añadieron 100 ml de peróxido de hidrógeno, solución que fue agitada intensamente en un rotor mecánico durante 15 minutos. Esta mezcla se pasó por tamices desde 180 µm, 150 µm y 45 µm lavando con abundante agua corriente.

La solución obtenida del tamiz de 45 µm, fue vertida en un beaker y 5 ml de la misma transferidos a un tubo de centrifugación de 10 ml, al cual se le agregó con una jeringa (al fondo del tubo) 5 ml de solución de sacarosa al 50 %, centrifugándose a 3500 rpm por 5 min. El conteo de esporas se realizó depositando 0,1 ml de la suspensión en una placa de Petri cuadrículada (cámara Neubauer). Los conteos se realizaron replicados tres veces y se determinó la media de esporulación en 100 g de suelo.

3.6 Determinación de la infestación micorrízica en las raíces

A los 240 días después del trasplante (DDT) se realizó el trasplante, seleccionando muestras de raíces de las plantas seleccionadas. Las fueron lavadas intensamente

con agua corriente, eliminando todas las partículas de suelo. Una vez secas, se procedió al clareo y tinción de las mismas, siguiendo la metodología propuesta por Koffi *et al.* (2013), la cual consiste en sumergir las raíces en KOH al 10% durante 24 horas a temperatura ambiente. Luego de transcurrido este tiempo se mantienen a 60 °C durante 30 minutos (baño de María). Transcurrido este tiempo, se lavan intensamente con agua corriente y luego se agrega H₂O₂ al 5%. Se mantienen en baño María por espacio de 30 minutos a 70 °C. Se lavan con agua corriente y se agrega HCl 0.1 N durante 10 minutos a temperatura ambiente.

Una vez removido el HCl, se empleó agua corriente, se les agregó azul de tripano al 0.05%, durante 30 minutos a 70 °C a baño María. En el paso final, fueron lavadas intensamente con agua destilada y lactoglicerol al 30%. Una vez teñidas las raíces fueron colocadas para ser vistas en el microscopio óptico y seleccionado las muestras por réplica, en las que se incluyeron diez fragmentos de raíces. Los porcentajes de colonización y de densidad visual fueron calculados mediante las expresiones descritas por Trouvelot *et al.* (1986).

3.6.1 Metodologías para evaluar colonización micorrízica

Las plantas seleccionadas por tratamiento fueron cosechadas a los 240 DDT. Para determinar la colonización micorrízica, se procesaron las raíces según la técnica de tinción de Phillips y Hayman (1970), que permite destacar las estructuras típicas de esta asociación. Posteriormente se determinó el porcentaje de colonización, colocando de forma paralela 20 segmentos de raíz de un cm de longitud sobre un portaobjetos, se añadió lactoglicerol sobre las raíces y se observaron al microscopio óptico a 10x. Estas preparaciones se observaron recorriéndolas horizontalmente en los extremos y en parte media de los segmentos de raíz. En cada preparación se observaron al microscopio 60 campos, registrando la presencia-ausencia de estructuras micorrízicas. El cálculo del porcentaje de colonización micorrízica se obtuvo a través de la fórmula:

$$\text{Colonización (\%)} = \frac{\text{No. de campos colonizados}}{\text{Número total de campos observados}} \times 100$$

3.7 Indicadores morfológicos

3.7.1 Diámetro del tallo (cm)

Fue determinado a 10 cm de la base del tallo mediante el empleo de un pie de Rey, a los 90, 140 y 190 DDT.

3.7.2 Altura de la planta (m)

Fue determinado de la base del tallo a la yema apical, mediante el empleo de una cinta métrica, a los 90, 140 y 190 DDT.

3.8 Indicadores agroproductivos

A los 240 DDT fueron seleccionados un total de 65 con madurez técnica, a los cuales se les determinó:

3.8.2 Peso fresco de los frutos

Fue determinado mediante el empleo de una balanza manual (marca), en el momento de la cosecha.

3.9 Procesamiento estadístico

El paquete estadístico empleado fue STAGRAPHICS Centurión (ver.XV-II) del 2006. Se aplicaron procedimientos descriptivos y Anova simple para la comparación por tratamientos de las diferentes variables agroproductivas y morfofisiológicas, así como la correspondiente prueba de comparación múltiple de Tukey HSD. Se realizaron pruebas de normalidad para verificación de los supuestos de los Anova, así como de homogeneidad de las varianzas. La comparación del % de micorrizas en raíces por tratamiento se realizó mediante una prueba de comparación múltiple de proporciones. Se aplicaron modelos polinomiales para estudiar la relación entre los % de micorrizas y los indicadores morfofisiológicos de la planta.

Resultados y Discusión



4. Resultados y Discusión

4.1. Efecto de los tratamientos sobre la densidad de esporas y colonización radicular

Al estudiar el efecto del EcoMic® solo y en combinación con estiércol vacuno sobre la densidad de esporas y % de colonización de (HMA) en la raíz (tabla 4), se observó que todos los tratamientos inoculados presentaron mayores porcentajes de colonización comparados con el tratamiento control, siendo significativamente superiores.

Tabla 4. Efecto del EcoMic® solo y combinado con estiércol vacuno sobre la densidad de esporas y % de colonización radicular (240 DDT)

Tratamiento	Colonización	Densidad de esporas 100 g ⁻¹ de suelo
	(%)	
Control	7.0 c	43.5 c
NPK	15.3 b	78.3 b
EcoMic®	59.6 a	143.1 a
EcoMic® + E.V	60.2 a	144.0 a
E.E (\bar{x})\pm	4.1	35.8

*(a,b,c): Medias con letras no comunes indican diferencias ($p \leq 0.05$) por las pruebas de Scheffe por columna

Leyenda: NPK: (400-577-755 kg. ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O respectivamente)

EV- estiércol vacuno; **E.E-** Error estándar de la media

Por otra parte la densidad de esporas obtenidos en ambos tratamientos en los que fue aplicado el biofertilizante EcoMic® en el hoyo, alcanzaron valores de 143 y 144 esporas 100 g⁻¹ de suelo. Resultados que se corresponden con los obtenidos por Ruiz *et al.* (2018), quienes señalan que en los cultivos agrícolas es suficiente el uso de 100 a 200 esporas por planta. Estos autores afirman que un elevado porcentaje de colonización micorrízica unido a una alta densidad de esporas, son considerados propios de una micorrización efectiva en el cultivo de la fruta bomba.

Rivera (2015) y Ruiz (2016) señalan que las especies de micorrizas del género *Glomus* muestran un mejor comportamiento en los suelos del tipo Pardo mullido carbonatado y el EcoMic®, es precisamente un producto elaborado a partir de cepas que pertenecen a este género. La alta densidad de esporas concuerdan con lo señalado por Orosco y Gianinazzi - Pearson (1993), quienes refieren que los sistemas micorrízicos eficientes (SAME) están estrechamente vinculados a los suelos de baja fertilidad y que la aplicación de altos niveles de nutrientes, sobre todo de fósforo, disminuyen o inhiben su efecto beneficioso.

Cuando se aplica EcoMic® en el sistema radicular de esta caricácea se manifiesta un incremento significativo de las proporciones de micorrizas arbusculares (HMA) en todos los tratamientos donde se utilizó el biofertilizante comparado con el control (Figura 1). Los resultados muestran que las raíces de la fruta bomba son capaces de asociarse y establecer una fuerte simbiosis con los HMA, que favorecen la absorción de nutrientes, especialmente de fósforo. Las raíces micorrizadas tienen dos vías para llevar a cabo esta absorción, directamente a través de la epidermis radical y pelos radicales, y a través de la vía micorrízica; por medio de las hifas fúngicas presentes en las células corticales de la raíz (Quiñones-Aguilar *et al.*, 2013).

Las proporciones de micorrizas en la raíz de este cultivo están determinadas por diversos factores como: disponibilidad de P en el suelo, tipo de suelo, pH, materia orgánica, concentración de nutrientes, tipo y contenido de arcilla, salinidad o alcalinidad, efecto entre los diferentes cultivares de fruta bomba y además la especie de hongo que participe en la asociación (Trindade *et al.*, 2001b, Alarcón *et al.*, 2002; Minhoni y Auler, 2003; Mayea, 2018).

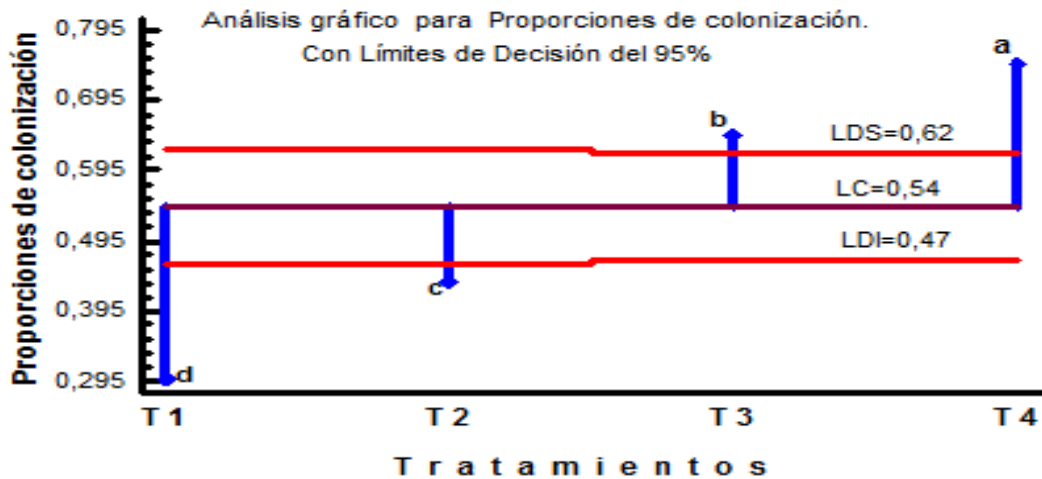


Fig.1 Proporción de colonización de hongos micorrízicos arbusculares en el sistema radicular de las plantas

*(a,b,c): Medias con letras no comunes indican diferencias ($p \leq 0.05$) por prueba de comparación de proporciones para Chi-Cuadrado = 88,79

Luke *et al.* (2014) en trabajos realizados sobre diferentes especies de hongos micorrízicos arbusculares señalan que la colonización de micorrizas difiere, según la planta huésped y las especies de hongos, al obtener diferencias significativas entre especies de HMA, apreciándose que la planta hospedante tuvo un efecto mínimo en la colonización fúngica que ocurre de manera continua en dos sentidos, hacia el interior y exterior de la raíz. Una vez dentro de la raíz, se origina una hifa infectiva denominada haustorio, la cual penetra en el interior radical, ramificándose intensamente de manera dicotómica para formar el arbusculo, estructura micorrízica que garantiza el intercambio de sustancias esenciales durante la simbiosis, sin invadir la endodermis, ni penetrar en el meristemo. Una vez alcanzada la madurez fisiológica de este proceso (7 - 15 días) estos son destruidos en el interior de las propias células por fagocitosis.

4.2. Efecto de los tratamientos sobre Indicadores morfológicos

La tabla 5 muestra el efecto del biofertilizante EcoMic® solo y combinado con estiércol vacuno sobre el diámetro del tallo de las plantas a los 90,140, y 190 (ddt). El crecimiento en diámetro de tallo a los 90 (ddt) resultó alto para las plantas de fruta bomba que fueron inoculadas con el biofertilizante (4.6 cm), cuando fueron comparadas con aquellas que no se les realizó la fertilización (3.5 cm), mostrando

diferencias estadísticas significativas durante todo el período evaluado. Los efectos de la inoculación se comienzan a manifestar a partir de los 90 ddt, con diferencias significativas, lo que indica que en esta etapa las plantas inoculadas ya están colonizadas y por lo tanto reciben los beneficios de la simbiosis.

La utilización de estos biofertilizantes en sustratos de baja fertilidad, aumentan la capacidad del cultivo para nutrirse, incrementando su desarrollo en altura y vigor, evitando así la caída de la planta en producción (Aguiar *et al.*, 2003; Ruiz *et al.*; 2016). Peña *et al.* (2006) exponen que para el cultivo de la fruta bomba, el diámetro del tallo es responsable del 80% de la floración y 50% de la fructificación.

Tabla 5. Efecto de los tratamientos sobre el diámetro del tallo en los diferentes momentos de muestreo

Tratamientos	Diámetro del tallo (cm)		
	90	140	190
	DDT		
Control	3.5 d	5.6 d	10.2 d
NPK	3.8 c	7.3 c	11.1 c
EcoMic®	4.3 b	9.2 b	13.6 b
EcoMic® + E.V	4.6 a	9.8 a	14.2 a
E.E (x̄) ±	0.43	0.44	0.46

*(a,b,c): Medias con letras no comunes indican diferencias ($p \leq 0.05$) por las pruebas Tukey HSD por columna.

Leyenda: DDT- días después del trasplante NPK: (400-577-755 kg. ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O respectivamente)

Quiñones *et al.* (2014), al estudiar la combinación de la simbiosis micorrízica arbuscular (HMA), con fuentes de materia orgánica para el crecimiento de la fruta bomba, en la variable diámetro del tallo, observó que los tratamientos inoculados mostraron diferencias significativas desde los 15 días del trasplante, con respecto a los no inoculados.

Al evaluar el efecto de los tratamientos sobre la altura de la planta a los 90, 140 y 190 DDT se evidenció un mayor crecimiento de las plantas inoculadas con hongos micorrízicos arbusculares (HMA), que las plantas no inoculadas, con diferencias estadísticas significativas (tabla 6). Estos resultados indican que en los tratamientos donde se emplea el EcoMic®, se logra una mejor disponibilidad de nutrientes, que favorece el crecimiento y desarrollo de la planta.

Quiñones-Águila *et al.* (2012) en investigaciones sobre la interacción de hongos micorrízicos arbusculares y la fertilización fosfatada en la fruta bomba observaron que las plantas inoculadas con *Glomus* sp. Zac-2, mostraron el efecto de los HMA en sus primeras etapas de crecimiento; con un mejor aprovechamiento de aquellos nutrientes poco disponibles.

Tabla 6. Efecto de los tratamientos sobre la altura de la planta en los diferentes momentos de muestreo

Tratamiento	Altura de la planta (m)		
	90	140	190
	DDT		
Control	0,56 c	0,96 c	1.50 c
NPK	0,59 b	1,31 b	1.57 b
EcoMic®	0,64 a	1,41 a	1.60 a
EcoMic® + E.V	0,66 a	1,43 a	1.64 a
E.E (\bar{x}) ±	0.20	0.80	0.90

*(a,b,c): Medias con letras no comunes indican diferencias ($p \leq 0.05$) por las pruebas Tukey HSD por columna.

Leyenda: NPK: (400-577-755 kg. ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O respectivamente)

Koide y Kabir (2000) refieren que por medio de sus hifas y la secreción de fosfatasas extracelulares, los HMA son capaces de capturar, transportar y solubilizar los elementos nutritivos poco disponibles en el suelo.

Quiñones *et al.* (2014) en estudios realizados acerca de la combinación de la simbiosis micorrízica arbuscular y fuentes de materia orgánica en el crecimiento de la fruta bomba, encontraron para la variable altura de la planta, que, a partir de los 30 días del trasplante, se incrementó el crecimiento de las plantas inoculadas, con respecto a plantas no inoculadas.

La altura de la planta está relacionada directamente con el diámetro del tallo, por lo que el incremento de la altura, favoreció el grosor del tallo. Según Brazante (1985), Escamilla *et al.* (2003) y Alcántara (2015), este comportamiento se debe al efecto del N, que favorece el crecimiento vegetativo de la fruta bomba. El P regula el metabolismo de los carbohidratos y proporciona un mayor aporte de fotosintatos al parénquima, que funciona como reservorio. El K interviene en la formación de glúcidos y ejerce una notable influencia sobre el aumento del diámetro del tallo.

4.3 Efecto de los tratamientos sobre algunos indicadores agroproductivos

En la tabla 7 se muestra el efecto del EcoMic® solo y combinado con estiércol vacuno sobre el peso promedio del total de frutos por planta a los 240 días. Se observa un incremento significativo del peso promedio del fruto por planta, en los tratamientos donde se utilizó el biofertilizante. Los frutos evaluados llegaron a presentar un peso promedio de 2.41 kg. INIFAT (2006) refiere que el peso de los frutos en el cultivo puede variar en dependencia del cultivar y el manejo de la plantación.

Los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) favorecen el incremento del crecimiento de los frutos en las plantas, bajo condiciones limitadas de agua y nutrientes, no siendo igual su efecto entre los diferentes cultivares, que dependen además, de la especie de hongo que participe en la asociación (Trindade *et al.*, 2001, Alarcón *et al.*, 2002; Minhoni y Auler, 2003).

La fruta bomba es una especie vegetal que se micorriza rápidamente y que los efectos benéficos de los hongos micorrízicos arbusculares en esta especie son casi inmediatos (Quiñones-Aguilar *et al.*, 2014).

Tabla 7. Efecto de los tratamientos sobre el número de frutos por planta, peso promedio del total de frutos y el rendimiento a los 240 DDT

Tratamientos	Frutos planta ⁻¹	PPFP	Rendimiento
		kg	kg planta ⁻¹
Control	10.2 d	1.64 d	16.72
NPK	18.6 c	2.06 c	38.32
EcoMic®	20.2 a	2.33 b	47.06
EcoMic®+ E.V	21.4 a	2.41 a	51.57
E.E (x̄)±	0.45	0.39	0.25

*(a,b,c): Medias con letras no comunes indican diferencias ($p \leq 0.05$) por las pruebas Scheffe y Bonferroni. por columna Leyenda: **PPFP**- peso promedio de los frutos por planta. **NPK**: (400-577-755 kg. ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O respectivamente)

El peso promedio del total de frutos con madurez técnica por tratamiento mostró diferencias estadísticas significativas en las variantes donde se empleó el EcoMic® solo o combinado con estiércol vacuno (Tabla 8). Estos resultados evidencian la acción combinada que ejerce el biofertilizante y la materia orgánica en el sistema suelo-planta. El efecto más significativo de las micorrizas arbusculares consiste en el mejoramiento de la nutrición de las plantas, las hifas de estos hongos se extienden en el suelo y pueden absorber y transferir macro y micronutrientes del suelo, hacia las raíces, facilitando el mejor desarrollo del cultivo (Schalamukm *et al.*, 2013).

La mayor captación de nutrientes, particularmente los poco móviles como el P, se logra ampliando el volumen de suelo explorado y alcanzando zonas donde los nutrientes se encuentran disponibles, es la característica más conocida de estas asociaciones (Sieverding, 1991).

Tabla 8. Peso promedio del total de frutos en madurez técnica por tratamiento a los 240 días.

Tratamiento	Total de frutos por tratamientos	Peso total frutos (kg parcela ⁻¹)
Control	69	10.26 c
NPK	70	13.40 b
EcoMic®	72	15.66 a
EcoMic® + E.V	75	15.53 a
E.E (x̄) ±	0.36	0.43

*(a,b,c): Medias con letras no comunes indican diferencias ($p \leq 0.05$) por las pruebas Scheffe y Bonferroni por columna.

Leyenda: NPK: (400-577-755 kg. ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O respectivamente)

4.4. Relación entre algunos indicadores morfofisiológicos y el porcentaje de colonización radicular

Las figuras 2 y 3, evidencian la alta relación de dependencia entre los indicadores morfofisiológicos evaluados: altura de la planta (AP) y diámetro del tallo (DT) con los niveles de colonización radicular. Rivera *et al.* (2017) refieren que los hongos micorrízicos arbusculares (HMA,) usualmente no colonizan el extremo de la raíz. La colonización ocurre tanto intra como intercelular y culmina con la formación de arbusculos, pequeños árboles fúngicos, que son las estructuras encargadas de la transferencia bidireccional de nutrientes entre el suelo y la planta.

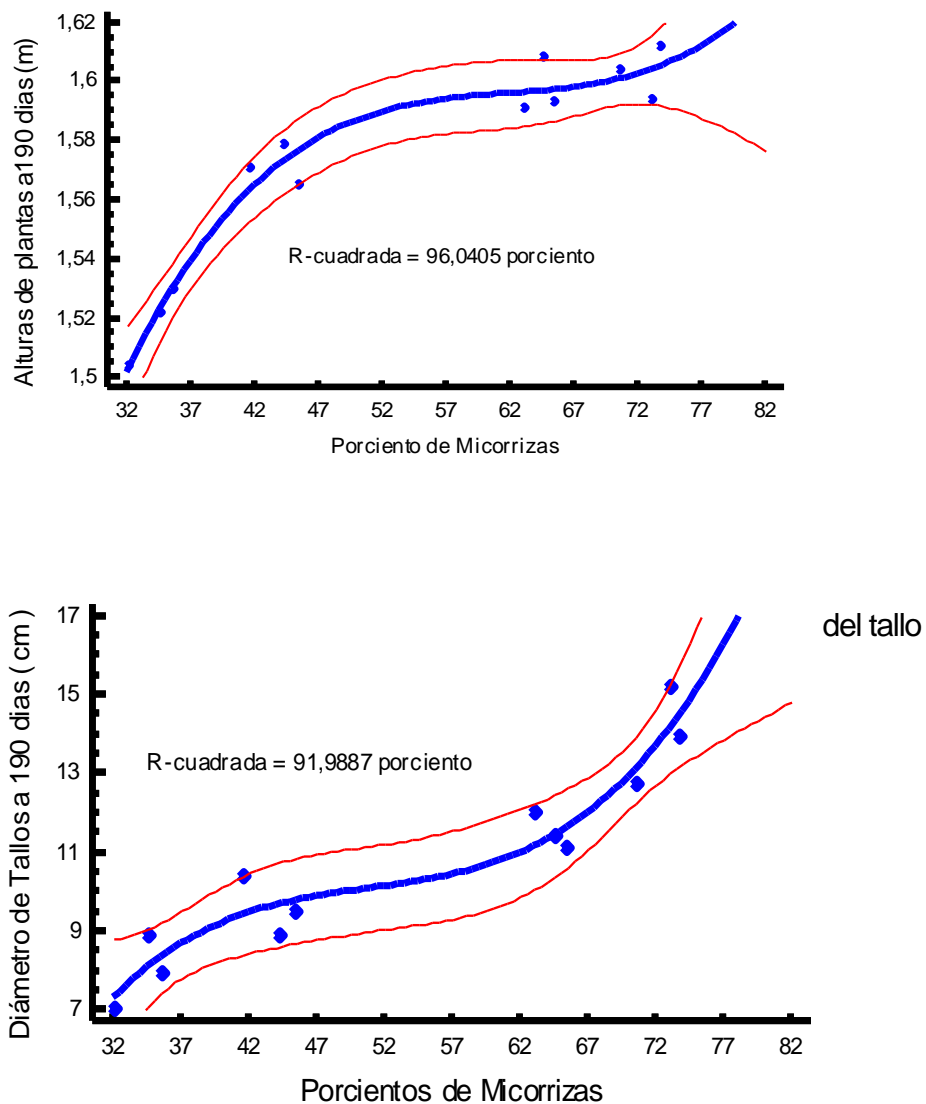


Fig. 2 Modelo ajustado del % de micorrizas (raíz) y altura de la planta

Investigaciones realizadas por Fernández (1999); Ruiz (2001); Rivera *et al.* (2001); Rivera *et al.* (2007); Oehl *et al.* (2010); Herrera *et al.* (2011) y Pérez (2018) demuestran las ventajas que ofrecen los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) a las plantas, mejorando el enraizamiento, lo que permite el aumento de la biomasa y su manifestación en el incremento de los indicadores morfofisiológicos del cultivo. Entre los beneficios de la utilización de los hongos micorrízicos arbusculares se destacan el aumento de la producción agrícola entre un 20 y 60%, resistencia a la sequía, disminución de los costos de producción y de aplicación de fungicidas y evita la degradación de los suelos.

Conclusiones



Conclusiones

1. Los tratamientos inoculados con HMA presentaron mayores porcentajes de colonización radicular, siendo significativamente superior a los no inoculados, entre 59 y 60 % de colonización y densidades de esporas, entre 143 y 144, mostrando la combinación con estiércol vacuno los mejores resultados para estas condiciones de producción.
2. Todos los indicadores morfofisiológicos y agroproductivos evaluados en el cultivo presentaron diferencias significativas respecto al control cuando fueron inoculados con EcoMic® solo o combinado con estiércol vacuno.
3. Se evidenció una alta relación de dependencia entre los indicadores morfofisiológicos evaluados y los niveles de colonización, lo que demuestra la eficiencia del EcoMic en el cultivo bajo condiciones de producción.

Recomendaciones



Recomendaciones

1. Emplear en condiciones de campo el biofertilizante EcoMic® solo y combinado con estiércol vacuno en el cultivo de la fruta bomba.
2. Realizar estudios similares en otros cultivares de fruta bomba y en diferentes condiciones edafoclimáticas.

Referencias bibliográficas



Referencias bibliográficas

Nava, Yolanda .2008. Influencia de la micorriza arbuscular en la actividad fotosintética, las relaciones hídricas y el crecimiento de *Carica papaya* var. Maradol, bajo condiciones limitantes de fósforo y agua. Tesis para obtener el grado de Doctor en Ciencias y biotecnología de plantas. Mérida, Yucatán, México. 119 p.

Mesa, J.R; Carvajal, R; Almogoea, Minerva.2015. Efecto de los Microorganismos Eficientes (ME) en la producción de posturas de fruta bomba (*Carica papaya* L.) en la Empresa Agropecuaria “Horquita”. *Agroecosistemas* Vol.3 (1): 372- 378.

Quiñones-Aguilar, Evangelina Esmeralda; López, L; Hernández, Elizabeth; Ferrera, R; Rincón, G.2014. Simbiosis micorrízica arbuscular y fuentes de materia organica en el crecimiento de *Carica papaya* L. *INTERCIENCIA* Vol 39 (3):198-204.

CABALLERO, W.M. 2012. Tecnología para el desarrollo sostenible de viveros de papaya (*Carica papaya* L.). Tesis en opción de Máster en Agricultura Sostenible. Santo Domingo, Villa Clara, Cuba. 61p.

Pons, Carmen; Molina; O, Rodríguez, S; Medero, V; Ruiz, L; Caballero, W; Folgueras, Maryluz, García,J. 2017. El cultivo de la papaya.

Simó, G.J.E.; M.L.A. Ruiz y E.R. Rivera. 2015. Manejo de la simbiosis micorrízica arbuscular y el suministro de nutrientes en plantaciones de banano cv. FHIA-18 (Musa AAAB) en suelo Pardo mullido carbón atado. *Cultivos Tropicales* 36 (4): 43-54.

. Spanoletti, N. F.; A. Fernández; G.N.E. Tobar y V.M. Chiocchio: Las micorrizas arbusculares y *Rhizobium*: una simbiosis dual de interés. *Revista argentina de microbiología* 45 (2): 131-132, 2013.

. Veresoglou, D.; B. Chen y M. C. Rillig. 2012. Arbuscular mycorrhiza and soil nitrogen cycling. *Soil Biology and Biochemistry* 46: 53-62,

AGROPECUARIA: Monografía de la papaya. Veracruz, pp. 2010.

Aguilar Y, Castellanos N, Riverol M. 2016. Manejo ecológico del suelo. En *Avances de la agroecología en Cuba* (Funes F, Vázquez LL, eds.). La Habana, Cuba: EEPF Indio Hatuey, pp 91-105.

Alcántara, J. A., Alcántara, A. O., Michel, A. C., & Solís, M. 2015. Respuesta de la fertilización orgánica, biológica y química en el rendimiento de dos genotipos de papayo. *Revista de Simulación y Laboratorio* 2(2): 51-54. Recuperado de http://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Simulacion_y_Laboratorio/vol2num2/Revista_de_Simulacion_y_Laboratorio_V2_N2-26-29.pdf

Álvarez, M. C., López, L., Rincón, G., Hernández, L. V., & Quiñones, E. E. 2012. Dinámica del crecimiento de plantas de papaya inoculadas con hongos micorrízicos arbusculares y fertilizadas con nitrógeno. *Tópicos Edafológicos de Actualidad*. Congreso Nacional Ciencia del Suelo. México

Arias E, Martínez F, Morales A y García C. 2008. Manual de Procedimiento de Abonos Orgánicos. La Habana, Cuba. Biblioteca ACTAF.

Arzola N, Paneque V, Battle H, Morejón L, Alfonso C, Hernández G. 1990. La cachaza como enmienda orgánica y fertilizante para la caña de azúcar. La Habana. Cuba: INCA.

Brundrett, M. C.: Mycorrhizal associations and other means of nutrition of vascular plants: understanding the global diversity of host plants by resolving conflicting information and developing reliable means of diagnosis. *Plant and Soil* 320: 3777, 2009.

Caballero R, Gandarilla J, Pérez D, Rodríguez D. 2001. Tecnología de fertilización orgánica para elevar los rendimientos y mantener la fertilidad de los suelos en los huertos intensivos. Boletín No.4 SCCS. Publicación electrónica.

Calero B, Morales A, Font L, Alfonso CA. 2001. Estado microbiológico de un Ferralsol sometido a diferentes sistemas de manejo agrícola. Boletín No.4 SCCS. Publicación electrónica.

Camps D, Reinés M.1986. Utilización de la Vermiharina como fuente proteica animal en pollos de engorde. *Revista Cubana de Ciencias Avícolas* 13 (2):145-151.

Carvajal, R. 2015. Evaluación del efecto de los Microorganismos eficientes (EM) en la producción de posturas de fruta Bomba (*Carica papaya* L.) en Cienfuegos. Trabajo de diploma. Universidad de Cienfuegos.

Corbera J, Nápoles MC. 2010. Evaluación de la inoculación conjunta *Bradyrhizobium japonicum* – Hongos MA y la aplicación de un bioestimulador del crecimiento vegetal en soya cultivada en época de verano. Memorias del XVII Congreso Científico Internacional INCA. La Habana.

Correa, M. 2008. Microorganismos Eficaces. Recuperado de www.effective-microorganismstechnology.com/page5.html – 126

Crespo G, Gutiérrez O. 1992. Estudio de métodos para aumentar la efectividad del estiércol vacuno como abono orgánico. Resúmenes del I Taller Internacional sobre Biofertilizantes en los trópicos. La Habana.

Cuba. Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical. 2011. Instructivo técnico para el cultivo de la papaya. Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical. La Habana: IIFT.

Cuba. Instituto de Suelos. 2016. Degradación de los suelos. Foresight Cuba 2015-2016. La Habana.

Cuba. Laboratorio Biológico Farmacéutico/Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical. (2013). Catálogo: Bioproductos para uso agrícola. La Habana: LABIOFAM/INIFAT.

Cuba. Ministerio de la Agricultura. 2009. Proyección Estratégica para la Producción de los Frutales en Cuba. La Habana: MINAG.

Cuba. Ministerio de la Agricultura. 2012. Indicaciones generales para el desarrollo de los cultivos varios en sus diferentes tecnologías. La Habana: MINAG.

Cueto Yglesias, L. M., & Mesa Reinaldo, J. R. 2018. Efecto de un biopreparado de microorganismos eficientes en vivero y trasplante de fruta bomba (*Carica papaya* L.) en la Cooperativa de Crédito y Servicios Manuel Ascunce, Cienfuegos. Revista científica *Agroecosistemas* 6(3): 103-111. Recuperado de <http://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/>

Cuevas J, Morejón J, Ojeda M, Vale V. 1987. Instructivo técnico para el desarrollo de la lombricultura en Cuba. La Habana, Cuba: Instituto de Suelos del MINAG.

Escalona CN, Betancourt L, Torres JC. 2009. Manejo de Interacciones Beneficiosas en el cultivo del Arroz (*Oryza sativa*) en la provincia de Holguín. En Memorias de la XXIV Reunión Latinoamericana de Rhizobiología. La Habana.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) Perspectivas mundiales de las principales frutas tropicales. Consultado el 5 de julio de 2018. (en línea) Disponible en http://www.fao.org/fileadmin/templates/est/COMM_MARKETS_MONITORING/Tropical_Fruits/Documents/Tropical_Fruits_Spanish2017.pdf

Fernández A, Pérez R. 2009. Evaluación del medio ambiente cubano. GEO Cuba. República Dominicana: Centenario.

Fernández-Larrea, O. 2013. Microorganismos eficientes, usos y posibilidades de producción. I Taller Nacional sobre "Resultados del Empleo de los Microorganismos Eficientes en Cuba". 23 y 24 de abril de 2013. Sancti Spiritus.

Fuentes A, Martínez F. 2015. Indicaciones prácticas para la conservación, mejoramiento y fertilización de los suelos. La Habana, Cuba: Pueblo y Educación.

Gandarilla J, Martínez F. 1995. Manual de Uso y Manejo del Humus de Lombriz. La Habana. Cuba: Instituto de Suelos Minag.

Gandarilla J, Martínez F, Calero B. 2001. Lombricultura. Uso y manejo del humus. Boletín resumen II Congreso Iberoamericano de Química y Física Ambiental.

García MD. 2003. Estudio de integración de la vermicultura a la producción porcina en Cuba. Tesis en opción al título Académico de Máster en producción porcina mención: Nutrición y Alimentación Porcina. IIP. La Habana. Cuba.

García, C. 2016. Efecto de dos biopreparados a base de EM sobre el cultivo del frijol común (*Phaseolus vulgaris*, L.) en Aguada de Pasajeros. Trabajo de diploma. Cienfuegos: Universidad de Cienfuegos.

García, M.; E. Treto y M. Álvarez. 2001. Comportamiento de diferentes especies de plantas para ser utilizadas como abonos verdes en las condiciones de Cuba. *Cultivos Tropicales* 22 (4): 1116.

Gerdemann, J. W. y T.H. Nicholson. 1963. : Spore of mycorrhizae endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Transactions of the British Mycological Society* 46 (2): 235-244.

Giovanetti, M. y B. Mosse: An Evaluation of Techniques for Measuring Vesicular Arbuscular Mycorrhizal Infection in Roots. *New Phytologist*, 84 (3): 489-500, 1980. ISSN 1469-8137.

Gómez L, Martínez-Viera, R. 2016. Inoculantes microbianos y estimulantes. En *Avances de la agroecología en Cuba* (Funes F; Vázquez L,L, eds.). La Habana, Cuba: EEPF Indio Hatuey, pp 141-153.

González, E., et al. 2013. Uso de Fitomas-E® en los cultivos de col, tomate, pimiento y papaya. *Agricultura Orgánica*, 19(2). Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/327269819_Uso_de_Fitomas-ER_en_los_cultivos_de_col_tomate_pimiento_y_papaya

Hernández J, Rodríguez J, Toscano B, Monederos M, Vázquez H, Peñafuerte E, Chang D. 1989. Resultado de los ensayos realizados con el humus producido por las lombrices denominado humus L. Resultado Cient. Tec. Código 18RF124 del Minag.

Hernandez P, Morales A, Morel F, Borges, Moreno I, Rios H, Vargas D. 2007. Algunos resultados sobre las pérdidas de carbono en ecosistemas con suelos Ferralíticos Rojos lixiviados en Clima tropical subhúmedo de Cuba. *Cultivos tropicales* 28(3): 55-60.

Hernández, A.; Pérez, J; Bosch, D; Castro, 2015, Nueva Clasificación de los suelos de Cuba 2015. Ediciones INCA, Mayabeque, Cuba. 93 p.

Herrera, R. A. 2011. Estrategia de funcionamiento de las micorrizas VA en un bosque tropical. Biodiversidad en Iberoamérica. Ecosistemas, evolución y procesos sociales. En: Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el desarrollo. Subprograma XII, Diversidad Biológica. Mérida.

Herrera, R.A.; R.L. Ferrer; E. Furrázola; M.O. Orozco: Estrategia de funcionamiento de las micorrizas VA en un bosque tropical. Biodiversidad en Iberoamérica. Ecosistemas, Evolución y Procesos sociales. (ed. ser. Monasterio, M.). Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el desarrollo. Diversidad Biológica. Subprograma XII, Mérida, México. 1995.

Hodge, A y Fitter, A. 2010. Substantial nitrogen acquisition by arbuscular mycorrhizal fungi from organic material has implications for N cycling. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 107: 13754-13759.

Pérez, E.2010. Hongos micorrízicos arbusculares (HMA) para la bioprotección de patógenos en el cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Biológicas.

INIVIT (Instituto de Investigaciones de Viandas Tropicales). 2012. Ministerio de la Agricultura. Instructivo Técnico para la producción de Viandas. Primera edición. Producción de semillas por método biotecnológico. Editorial INIVIT, La Habana, Cuba, p.121-122.

Instituto de Suelos. 1989. Mapa Nacional de Suelos de Cuba a escala 1: 25 000. Documentos y hojas cartográficas. La Habana, Cuba: Instituto de Suelos.

Instituto de Suelos. 1999. Nueva versión de la clasificación genética de los suelos de Cuba. La Habana, Cuba: Instituto de Suelos, Ministerio de la Agricultura, Agrinfor.

Instituto de Suelos. 2011. Manual para el manejo del abonado verde en suelos dedicados a cultivos varios. 1ra edición. CIGEA.

Instituto de Suelos. 2014. Infome Dirección Nacional de Servicios Técnicos del Inst. de Suelos Minag. La Habana.

Licata, M. 2015. Las frutas, sus propiedades y su importancia en la alimentación diaria. Recuperado de [http:// www.zonadiet.com/nutrición](http://www.zonadiet.com/nutrición)

Lozano, C. M. G., & Santamaría, B. F. 2013. Uso de biofertilizantes en la producción de planta de papaya Maradol. Mérida: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Sureste

M. V. Vázquez-Hernández, M. L. Arévalo-Galarza, D. Jaén-Contreras 2009.Evaluación del efecto de micorrizas en la producción y calidad de PAPAYA MARADOL.

María Luisa Izaguirre-Mayoral, Carlos Labandera, Juan Sanjuan 2009.BIOFERTILIZANTES EN IBEROAMÉRICA: UNA VISIÓN TÉCNICA, CIENTÍFICA Y EMPRESARIAL.

Marín, Dayana. (2015). Determinación de parámetros químicos que definen la calidad de la fruta bomba (*Carica papaya* L.) mediante espectroscopia VIS/NIR. Tesis de Maestría. Santa Clara: Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.

Marta Cabello, Magdalena Druille, Santiago Schalamuk .2013. Hongos formadores de micorrizas arbusculares: Influencia de las prácticas agronómicas sobre su diversidad y dinámica de colonización. <https://www.researchgate.net/publication/282849843>

Martín, G.; R. Rivera; A. Pérez; L. Arias. 2012.: Respuesta de *Canavalia ensiformis* a la inoculación micorrízica con *Glomus cubense* (Cepa INCAM-4), su efecto de permanencia en el cultivo del maíz. *Cultivos Tropicales* 33 (2): 20-28,

Martínez Rodríguez, F, Calero B, Vargas RN, Revestí I. 2003. Lombricultura. Manual Práctico. La Habana, Cuba: Instituto del Suelo.

Martínez Rodríguez, F, Gómez L. 2015. La fertilización de los cultivos bajo una perspectiva agroecológica. En Sembrando en tierra viva. Manual de agroecología (Martínez Oliva E, ed). La Habana, Cuba, pp 65-83

Martínez, F; García, Clara; Gómez, Luis A; Aguilar, Yulaidis; Martínez-Viera, R; Castellanos, N; Riverol, M. 2017. Manejo sostenible de suelos en la agricultura cubana. *Agroecología* 12 (1): 25-38.

Martínez, Rodríguez, F; B. J. Calero; E. Calderón; M. A. Valera y J. A. Ticante. 2001. Transformación de los restos orgánicos en los suelos y su impacto ambiental. Boletín No 4 SCCS. SIN 16091876. Publicación electrónica.

Martínez-Viera, R. 2006. Los biofertilizantes y bioestimulantes bacterianos como pilares básicos de la agroecología. Caracas, Venezuela: SIARA.

Mayea S. 1994. Tecnología para la producción de compost (biotierra) a partir de la inoculación con microorganismos de diversos restos vegetales. La Habana, Cuba: CIDA.

Medina N. 2009. Presente y Futuro de los Biofertilizantes en Íbero-América: Cuba. Biofertilizantes para la Agricultura de Íberoamérica en el Siglo XXI. Resúmenes

Taller BIOFAG: Fertilizantes Biológicos para la Agricultura Iberoamericana del Siglo XXI. La Habana

Mejía, C, G. 2014. Adaptación de papaya (*Carica papaya* L.) Red Lady a diferentes condiciones agroecológicas. Resultados de investigación, CENTA sin publicar. Ministerio de la Agricultura. La Habana.

Mesa, J. R., et al. (2016). Efecto de un biopreparado de producción local a base de microorganismos eficientes sobre diferentes cultivos en la provincia de Cienfuegos. IV Convención Internacional de Agordesarrollo 2016.

Milian, P.R. (2015). Evaluación del efecto de ME-50 en la variedad de arroz Prosequisa 4 en el municipio Aguada de Pasajeros. Trabajo de diploma. Cienfuegos: Universidad de Cienfuegos.

MINAG. 2010. Programa para la Recuperación y Desarrollo de los Biofertilizantes Documento presentado al MEP.

MINAG. 2014. Lista oficial de variedades comerciales. Dirección de Certificación de Semillas. Centro Nacional de Sanidad Vegetal. Ministerio de la Agricultura, La Habana. 57 p.

Minag. Rodríguez D. 2016. Avances del Programa Nacional de Conservación y Mejoramiento de Suelos. (Presentación). Cuba: Instituto de Suelos.

MINAG.2010. Programa para la Recuperación y Desarrollo de los Biofertilizantes Documento presentado al MEP.

Organización Mundial de la Salud. (2016). Alimentación sana. Nota descriptiva N° 394. New York: OMS.

Paneque V, Martínez M. 1992. Evaluación de la vinaza del CAI "Héctor Molina" como fertilizante para la caña de azúcar. La Habana, Cuba.

Paneque, P.V.M.; N.J.M. Calaña; V.M. Calderón; B.Y. Borges; G.T.C. Hernández y C.M. Caruncho. 2010. Manual de técnicas analíticas para análisis de suelo, foliar, abonos orgánicos y fertilizantes químicos, edit. Ediciones INCA, Mayabeque, Cuba, 153 p .

Peña T.E; Carrión, M, Martínez, F; Rodríguez, A; Companioni, N. 2002. Manual para la Producción de Abonos orgánicos en la Agricultura Urbana. Cuba: INIFAT.

Peña TE. 2009. La Lombricultura como alternativa de descontaminación ambiental y de nutrición. La Habana: Inifat, pp 98-121.

Peña, H., Díaz, J., Martínez, T. 2006. Fruticultura Tropical. La Habana: Félix Varela.

Pérez JM, Suárez ED, Ancízar A, Vega E, Azcuy M. 1990. Mapa de erosión actual de los suelos de Cuba. Escala 1: 250 000. Instituto de Suelos MINAG.

Pérez-Ortega, E.J. 2010. Hongos micorrízicos arbusculares (HMA) para la bioprotección de patógenos en el cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) Tesis en opción al grado de Doctor en Ciencias Biológicas. Universidad de La Habana. 77 p.

Phillips, J.M. y D.S. Hayman.1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesiculararbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transactions of the British Mycological Society*, 55 (1): 158-161.

Pichs R, Centella A, Llanes J. 2002. Mitigación del cambio climático. Documentación para participantes en el taller de divulgación de los resultados del Grupo de Trabajo III del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre cambio climático. Insmet, Habana.

Pla Sentís I. 2002. Evaluación de impactos ambientales derivados de la degradación de suelos y su relación con Cambios Climáticos. VI Escuela Latinoamericana de Física de Suelos (VI ELAFIS). Universidad de la Habana.

PNMCS. 2017. Programa Nacional de Mejoramiento y Conservación de suelos. Cuba: Informe interno Instituto de Suelos.

Ponce de León D. 2004. Las reservas de carbono orgánico de los suelos minerales de Cuba. Aporte metodológico al cálculo y su generalización espacial. Tesis Dr. Ciencias Agrícolas. Unah. La Habana.

Riverol M, Castellanos N, Peña F, Fuentes A. 2001. Programa Nacional de Cambios Globales.

Programa Nacional de Mejoramiento y Conservación de Suelos (PNMCS). La Habana, Cuba: Instituto de Suelos. Agrinfor.

Quiñones, E.E., López, L., Hernández, E., Ferrera, R., & Rincón, G. 2014) Simbiosis micorrízica arbuscular y fuentes de materia orgánica en el crecimiento de *Carica papaya* L. *Interciencia* 39(3):198-204.

Reinés M, Rodríguez MC, Sierra A, Vázquez M. 1998. Lombrices de tierra con valor comercial. Biología y técnicas de cultivo. México: Ducere, S. A. de C.V.

Rivera, R. y K. Fernández.2003: Bases científico técnicas para el manejo de los sistemas agrícolas micorrizados eficientemente. En: Manejo efectivo de la simbiosis micorrízica, una vía hacia la agricultura sostenible. R. Rivera y K. Fernández: Estudio de caso: el Caribe. 1. a ed., Editorial INCA, La Habana, Cuba., 177 p.

Rivera, R.; F. Fernández; K. Fernández; L. Ruiz. 2007. Advances in the management of effective arbuscular mycorrhizal symbiosis in tropical ecosystems. Editores Hamel, C. y C. Plenchette: Mycorrhizae in Crop Production. Editorial Haworth Press, Binghamton, N.Y., p. 151-196.

Rivera, R.; L. Ruíz; G. Martín; J. Simó. 2015. Manejo conjunto e impacto de biofertilizantes micorrízicos y otros bioproductos en la producción agrícola de diferentes cultivos. Informe Primer Semestre 2015, Proyecto P131LH0010003. Instituto Nacional Ciencias Agrícolas, Mayabeque, Cuba.

Rivera, R; Simo, J; Espinosa, A; Nápoles, María Caridad.2016 “Manejo conjunto e impacto de biofertilizantes micorrízicos y otros bioproductos en la producción agrícola. En:<https://www.researchgate.net/publication/305993241>

Riverol M, Aguilar Y. 2015. Alternativas para reducir la degradación de los suelos en Cuba y el enfrentamiento al cambio climático. En Sembrando en tierra viva. Manual de agroecología (Martínez Oliva E, ed). La Habana, Cuba, pp117-132.

Riverol M, Castellanos N, Peña F, Fuentes A. 2001. Programa Nacional de Mejoramiento y Conservación Oliva E, ed). La Habana, Cuba, pp117-132.

Riverol M, Peña F, Calcedo E, Hernández C, León G, Llanes JM, Aguilar Y. 1999. Informe Final del Proyecto uso y manejo de los suelos afectados por la erosión en los agroecosistemas de las provincias occidentales y centrales del país. Programa Nacional de Cambios Globales.

Riverol M, Peña F, Calcedo E, Hernández C, León G, Llanes JM, Aguilar Y. 1999. Informe Final del Proyecto uso y manejo de los suelos afectados por la erosión en los agroecosistemas de las provincias occidentales y centrales del país.

Riverol M. 1985. La erosión potencial de los suelos de Cuba y los métodos para su mapificación. Resumen de tesis de doctorado. Instituto de Suelos.

Ruiz, L. A., Carvajal, D., Espinosa, A. 2016. Efecto de las micorrizas y otros biofertilizantes en papaya, guayaba y aguacate en suelos ferralíticos rojos y pardos mullidos carbonatados. *Agricultura Tropical*, 2(2). Recuperado de <http://ojs.inivit.cu/index.php?journal=inivit&page=article&op=view&path%5B%5D=52>

San Juan. 2009. BIOFAG. Fertilizantes Biológicos para la Agricultura y el Medio Ambiente. Resúmenes Taller BIOFAG: Fertilizantes Biológicos para la Agricultura Iberoamericana en el Siglo XXI. La Habana, Cuba.

Sánchez, S., Hernández, M., & Ruz, F. (2011). Alternativas de manejo de la fertilidad del suelo en ecosistemas agropecuarios. *Revista Pastos y Forrajes*, 34(4), 375-392. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/2691/269121519001.pdf>

Santana, Y., et al. (2016). Efecto de *Trichoderma harzianum* Rifai y FitoMas-E® como bioestimulantes de la germinación y crecimiento de plántulas de tomate. *Centro Agrícola* 43(3). Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852016000300001

Tinción de raíces con tinta Parker (Modificación de Vierheilig y col. 1998-Ink and vinegar, a simple staining technique for arbuscular mycorrhizal fungi. *Appl Environ Microbiol* 64:5004–5007.

Verbruggen, E.; M. van der Heijden; M. Rillig y E.T. Kiers.2012: Mycorrhizal fungal establishment in agricultural soils: factors determining inoculation success. *New Phytologist*.

Yera, J. 2014. Evaluación del efecto de los bioestimulantes Biobras-16 y EM-50 en la fase morfológica en la variedad de arroz IA-Cuba-31. Trabajo de diploma. Cienfuegos: Universidad de Cienfuegos.

Quiñones-Aguilar, E.E., López-Pérez, L., Hernández-Acosta, E., Ferrera-Cerrato, R., & Rincón Enríquez, G. 2014. Simbiosis micorrízica arbuscular y fuentes de

materia orgánica en el crecimiento de *Carica papaya* L. *Interciencia*. 39(3): 198-204.

Ruiz, L, A. Simó.; J; Rodríguez, Rivera; R, 2016. Las micorrizas en cultivos tropicales. Una contribución a la sostenibilidad agroalimentaria.

Anexos



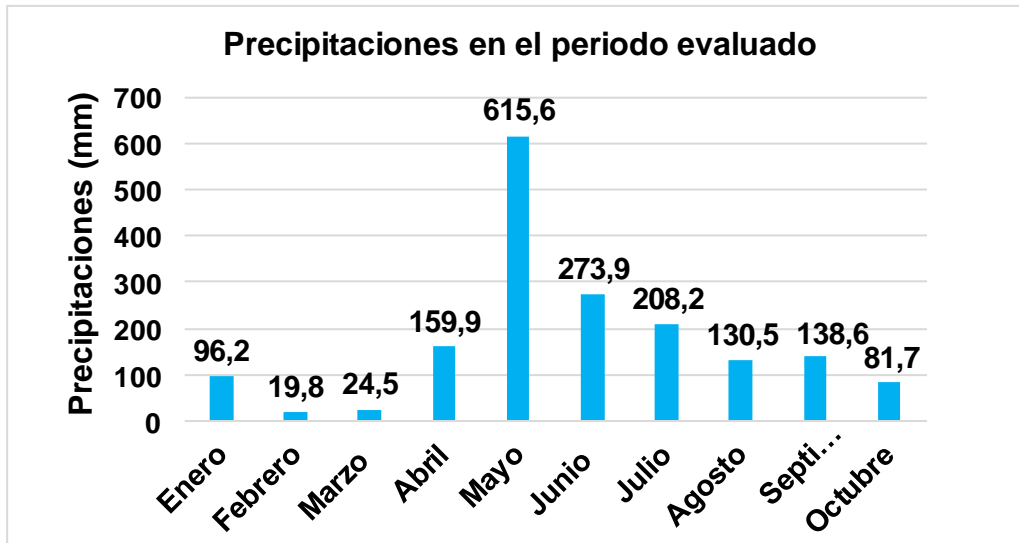


Figura 4. Promedio de precipitaciones durante el ciclo del cultivo

Tabla 9. Recomendación de materia orgánica en papaya (Según Ruiz, 2016)

Alternativas orgánicas	Dosis en función de la riqueza del suelo (kg.planta ⁻¹)			Aplicación	
	Bajo	Medio	Alto	Forma	
Vermicompost (Humus)	20-25	10-20	5-10	Fondo del surco u hoyo	En el trasplante
Gallinaza				Alrededor de la planta	Entre 45 y 90 días
Estiércol					
Cachaza					
Compost					

Tabla 10. Niveles críticos para la interpretación de análisis de suelo en las plantaciones de Papaya.

Elementos	Categoría		
	Bajo	Medio	Alto
pH	<5,5	5,6-6,5	>6,5
Saturación acidez (%)	<10	10-15	>15
MO (%)	<5	5-10	>10
P (mg.kg-1)	<30	30-45	>45
K (cmol(+).kg-1)	<0,5	0,5-1,0	>1,0
Ca (cmol (+).kg-1)	<4	4-20	>20
Mg (cmol (+).kg-1)	<1	1-5	>5
B (mg.kg-1)	<2	2-10	>2
Cu (mg.kg-1)	<2	2-20	>20
Fe (mg.kg-1)	<10	10-100	>100
Mn (mg.kg-1)	<5	5-50	>50
Zn (mg.kg-1)	<2	2-10	>10