



UNIVERSIDAD DE SANCTI SPIRITUS
"JOSE MARTI PEREZ"
FACULTAD CIENCIAS AGROPECUARIAS
DEPARTAMENTO DE AGRONOMÍA



TRABAJO DE DIPLOMA

EMPLEO DE BIOESTIMULANTES FOLIARES EN EL
CULTIVO DEL PIMIENTO (*Capsicum annum* L.) EN EL
MUNICIPIO DE CABAIGUÁN.

AUTOR: ERIK ALEXANDER GARCÍA PÉREZ

Sancti Spíritus, 2016



UNIVERSIDAD DE SANCTI SPIRITUS
"JOSE MARTI PEREZ"
FACULTAD CIENCIAS AGROPECUARIAS
DEPARTAMENTO DE AGRONOMÍA



TRABAJO DE DIPLOMA

EMPLEO DE BIOESTIMULANTES FOLIARES EN EL CULTIVO DEL PIMIENTO (*Capsicum annum* L.) EN EL MUNICIPIO DE CABAIGUÁN.

Autor: Erik Alexander García Pérez

Tutor: *Dr.C. Ing.* Marcos T. García González

Sancti Spíritus, 2016

*Son vanas y están plagadas de errores
las ciencias que no han nacido del
experimento, madre de toda
certidumbre.*

*Leonardo da Vinci
(1452 - 1519)*

Agradecimientos

Mi especial y más sincero agradecimiento a mi tutor Dr. C. Marcos T. García González por brindarme sus brillantes ideas y su tiempo de forma incondicional.

Un afectuoso agradecimiento a mi gran amigo Gonzalo Valero Castañeda por contribuir con su trabajo y esfuerzo a poder llevar a cabo esta investigación.

Por último doy las gracias a todos los profesores de la Universidad de Sancti Spíritus “José Martí” que me ayudaron a formarme como profesional.

Dedicatoria

A mis abuelos, por heredarme la fuerza y la constancia para alcanzar los imposibles.

A mis padres Anisia y Ezequiel, por su continuo apoyo e inspiración.

A mi hermanita Dairy, por apoyarme siempre y seguir mis pasos en esta hermosa profesión.

A mi esposa Idaileisy, por ser mi cielo azul después de las tormentas.

SÍNTESIS

En esta investigación se presentan los resultados de la aplicación de diferentes bioestimulantes foliares, en la finca “Los Valero” ubicada en el municipio Cabaiguán de la provincia Sancti Spíritus con el propósito de mejorar los rendimientos del pimiento. Se empleó un diseño de bloques al azar con cinco tratamientos: (A) FitoMas - E, (B) Biobras - 16, (C) Microorganismos Eficientes, (D) Humus de Lombriz Líquido y (E) Testigo y tres réplicas sobre un suelo Pardo Sialítico sin Carbonato. Se determinaron las variables morfológicas (altura de la planta, número de ramas, área foliar, masa fresca y masa seca), los índices de crecimiento (Índice de Área Foliar, Relación de Área Foliar, Tasa de Crecimiento Relativo, Tasa Absoluta de Crecimiento y Tasa de Asimilación Neta), y el rendimiento, para los cinco tratamientos. La investigación demostró que Microorganismos Eficientes fue el tratamiento de mejores resultados en las diferentes variables en estudio, con índices morfofisiológicos superiores, al obtener una ganancia de $0,728 \text{ g día}^{-1}$ y una eficiencia fotosintética de $0,0026 \text{ g cm}^{-2} \text{ día}^{-1}$ por encima del testigo y alcanzando un rendimiento de $21,10 \text{ t ha}^{-1}$, seguido por FitoMas - E, el cual no tuvo diferencias con Microorganismos Eficientes en varios de los parámetros morfofisiológicos evaluados.

SYNTHESIS

This research presents the results of the application of different foliar biostimulants, on the farm "Los Valero" located in the Cabaiguán municipality, province Sancti Spiritus by aiming to improve the yields of the pepper. A design of blocks at random with five treatments was used: (A) FitoMas - E, 16 - Biobrás (B), (C) Efficient Microorganisms, (D) Humus Earthworm Liquid and (E) Witness. The morphological variables (plant height, number of branches, leaf area, fresh mass and dry mass), growth rates (Rate of Leaf Area, Relation of Leaf Area, Relative Rate of Growth, Net Assimilation Rate and Absolute Rate of Growth), and production, for five treatments were determined. The results demonstrated that Efficient Microorganisms was treatment that showed best results in different variables in study, which earned top morphophysiological rate, to make a profit of 0.728 g day^{-1} and a photosynthetic efficiency of $0.0026 \text{ g cm}^{-2} \text{ day}^{-1}$ above the witness and reaching a yield of 21.1 t ha^{-1} , followed by FitoMas - E, which had no differences with Efficient Microorganisms in several parameters evaluated morphophysiological.

ÍNDICE

<i>Contenido</i>	<i>Pág.</i>
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1	
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
1.1. Características botánicas del pimiento	4
1.2. Exigencias ecológicas	6
1.3. Fisiología	9
1.4. Nutrición	11
1.5. Fitotecnia	12
1.6. Plagas y enfermedades	14
1.6.1. Plagas	14
1.6.2. Enfermedades	16
1.6.3. Enfermedades fisiológicas	16
1.7. Bioestimulantes	17
CAPÍTULO 2	
MATERIALES Y MÉTODOS	21
2.1. Lugar donde se realizó la investigación	21
2.2. Descripción del experimento	21
2.3. Determinación de las variables morfológicas del cultivo del pimiento en las diferentes variantes en estudio	23
2.4. Determinación de los índices de crecimiento del cultivo del pimiento en las diferentes variantes en estudio	25
2.5. Análisis estadístico	27
CAPÍTULO 3	
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	28
3.1. Parámetros Morfológicos	28
3.1.1. Altura de las plantas y número de ramas	28
3.1.2. Área Foliar	29
3.1.3. Contenido de masa fresca y masa seca	30
3.2. Índices de Crecimiento	31
3.2.1. Índice de Área Foliar	31
3.2.2. Relación de Área Foliar	33
3.2.3. Tasa de Crecimiento Relativo	34
3.2.4. Tasa Absoluta de Crecimiento	34
3.2.5. Tasa de Asimilación Neta	34
3.3. Rendimiento agrícola	35
CONCLUSIONES	37
RECOMENDACIONES	38

INTRODUCCIÓN

El pimiento se considera oriundo de América del Sur, situado por algunos autores entre Perú, Bolivia y Brasil. Su fruto era utilizado por los nativos de éstas zonas como condimento en la preparación de sus comidas. Luego de la llegada de los conquistadores europeos, el pimiento fue difundido primeramente en España y Portugal y luego su cultivo se extendió a casi todos los países de Europa (Ramírez, 2010).

Actualmente es una de las especias más consumidas en el mundo, se los consume como hortaliza fresca, encurtidos, asados o cocinados de múltiples formas, secos (molidos) o en conserva al natural, además ha alcanzado una gran importancia como condimento con fines industriales. Desde el punto de vista alimenticio, el pimiento es rico en minerales y vitaminas, principalmente vitaminas A, C y E, siendo su contenido en vitamina C el más alto de todas las especies hortícolas, así como también posee una elevada cantidad de antioxidantes, componentes que previenen desórdenes cardiovasculares, cáncer y cataratas (Grajales, 2012).

Hoy en día ha alcanzado una gran importancia a nivel mundial siendo el quinto cultivo en importancia (excluida la papa), con 1 100 000 hectáreas. Los países más productores son China, México, Turquía, España y Estados Unidos (Grajales, 2012).

En Cuba se ha establecido su cultivo en todas las provincias, siendo las más productoras Pinar del Río, La Habana, Villa Clara, Camagüey, Granma y Guantánamo. Este cultivo ha ido ocupando uno de los lugares más destacados en la producción hortícola nacional, ya que ha pasado a constituir un renglón más en la exportación, alcanzando en los últimos años más de 7 000 toneladas exportadas (Despestre, 2009).

Los rendimientos alcanzados en Cuba en los últimos tres años se encuentran alrededor de las 10 t ha⁻¹ (Despestre, 2009), en la provincia de Sancti Spíritus los

rendimientos promedian las 8,30 t ha⁻¹, mientras que en el municipio de Cabaiguán los rendimientos en los últimos cinco años han descendido desde las ocho hasta las 6,80 t ha⁻¹. Este descenso en los rendimientos se debe principalmente a la degradación de los suelos que han sido sometidos a una agricultura intensiva durante más de 20 años y a la baja fertilización, que no supe las necesidades nutritivas de los cultivos.

Atendiendo a esta situación se hace necesario la búsqueda de alternativas biológicas y químicas, que solucionen a bajos costos los problemas de fertilización de los cultivos agrícolas de interés agroeconómico; de ahí que desde hace algunos años se viene introduciendo en la agricultura el uso de biofertilizantes, bioestimulantes y biorreguladores del crecimiento vegetal, debido fundamentalmente al papel crucial que estos cumplen en la nutrición vegetal, sus efectos positivos sobre el crecimiento, los rendimientos agrícolas de los cultivos, su influencia en la actividad fisiológica de las plantas y en el mejoramiento de las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos (López, 2002; Yu, 2004 y Montano, 2005).

Problema científico

¿Qué influencia podría tener el uso de los bioestimulantes foliares FitoMas - E, Biobras - 16, Microorganismos Eficientes y Humus de Lombriz Líquido en el aumento de los rendimientos en el cultivo del pimiento en el municipio de Cabaiguán?

Hipótesis

A partir del uso de los bioestimulantes foliares FitoMas - E, Biobras - 16, Microorganismos Eficientes y Humus de Lombriz Líquido en el pimiento, se podrán aumentar los rendimientos en el municipio de Cabaiguán.

Objetivo

Determinar los parámetros morfofisiológicos y productivos del cultivo del pimiento bajo el efecto de los bioestimulantes foliares Fitomás - E, Biobrás - 16, Microorganismos Eficientes y Humus de Lombriz Líquido.

CAPÍTULO 1: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. Características botánicas del pimiento

El pimiento es una planta, anual, bianual o perenne (según la variedad). Tienen tallos ramificados glabros o con pubescencia rala. Las hojas, de cuatro a 12 cm de largo, son solitarias u opuestas, pecioladas y con los limbos simples enteros o sinuados. Las flores actinomorfas y hermafroditas, o las inflorescencias, axilares y sin pedúnculos, nacen en los nudos de las hojas con el tallo. Tienen normalmente cinco sépalos en un cáliz persistente acampanado y denticulado y habitualmente cuatro o cinco pétalos de color blanco, el fruto, es una baya carnosa y hueca, siempre verde cuando inmaduro y que se torna de color amarillo, anaranjado, rojo vivo o violeta al madurar. Dichos frutos pueden tener hasta unos 15 cm de largo, y son de forma muy diversa, desde globulares hasta estrechamente cónicos. Las simientes, que pueden conservarse unos tres años en condiciones favorables, son amarillentas y hasta negruzcas; tienen forma discoidal algo espiralada y de perfil muy aplanado (Mohammed, 2005).

- **Taxonomía** (ITIS, 2011)

División: *Magnoliophyta*.

Clase: *Magnoliopsida*

Orden: *Solanales*

Familia: *Solanaceae*

Género: *Capsicum*

Especie: *Capsicum annum*

- Sistema radicular

El pimiento presenta raíz principal y un amplio sistema radicular secundario; no forma raíces adventicias. Su sistema radicular no es profundo, situando el mayor número de raíces en los primeros 40 cm, aunque en algunos casos la raíz principal puede llegar hasta los 70 - 80 cm de profundidad (Nuez *et al.*, 2003).

- Tallo

El tallo es cilíndrico y con ligeras angulosidades. Su parte inferior es leñosa, crece verticalmente y a determinada altura se bifurca dando de dos a tres ramificaciones. Puede alcanzar una altura de 120 - 130cm en dependencia de las variedades y las condiciones de cultivo existentes (Camacho, 2009).

- Flores

Las flores se forman en los nudos de las ramificaciones del tallo. Se pueden presentar de una a cinco flores por nudo, pero lo más frecuente es una sola flor, éstas son hermafroditas, regularmente con seis pétalos blancos y seis estambres. El ovario es súpero, bilocular o trilocular y el estigma reencuentra a nivel de las anteras, lo cual facilita la autofecundación (Serrano, 2011).

- Frutos

El fruto se compone de pericarpio y semillas, el grosor del pericarpio va a depender de las características hereditarias de la variedad y de las condiciones de cultivo. En su interior, el fruto forma una cavidad hueca, la cual puede estar separada por divisiones longitudinales formando lóbulos. De acuerdo con la variedad, éstos pueden formar de tres a cuatro lóbulos bien diferenciados (Serrano, 2011).

- Semillas

Las semillas son reniformes, ligeramente rugosas, con el hilo pronunciado y de un color blanco amarillento. su poder germinativo puede mantenerse por cuatro o cinco años si se conservan en condiciones de refrigeración a temperaturas relativamente bajas (Camacho, 2009).

1.2. Exigencias ecológicas

- Temperatura

Para la germinación de semillas de pimiento el requerimiento térmico óptimo fluctúa en el rango de los 20 y 30 °C (Tabla 1), no produciéndose germinación a los 35 °C. La tasa de elongación del tallo resulta fuertemente influenciada por la temperatura y la termoperiodicidad. Las temperaturas inferiores a 15 °C inhiben el crecimiento vegetativo, siendo óptimas durante el día entre 20 - 25 °C y por la noche entre 16 - 18 °C, con un diferencial térmico día - noche entre cinco y ocho grados centígrados. Una característica importante de esta especie, radica en su elevada sensibilidad a las bajas temperaturas manifestando la detención del crecimiento a los 10 °C lo que provoca efectos negativos en su productividad (Montes, 2004).

La ocurrencia de bajas temperaturas afecta severamente el Índice de Área Foliar (IAF), índice que resulta fuertemente definido por el número de hojas verdes por metro cuadrado, afectando severamente la acumulación de la biomasa por aérea total. En climas tropicales, en los meses de verano, la floración es menor comparada con el de invierno. El porcentaje de las flores que no cuaja en el verano se debe al balance nutricional desfavorable, debido a que con altas temperaturas, la fotosíntesis disminuye, por lo que se pone a disposición de la planta una menor cantidad de carbohidratos. Con altas temperaturas la polinización no se produce completamente, no se fecunda un gran número de óvulos, esto unido al balance nutricional deficiente, hace que los frutos que logran formarse, no crezcan normalmente, elevándose considerablemente el porcentaje de frutos deformados (Montes, 2004).

Tabla 1. Requerimiento térmico para la germinación de las semillas de pimiento

Temperatura (°C)	Días para germinar
10 – 15	30
15 – 20	20
20 – 25	10
25 – 30	5

- Luz

La intensidad de la luz ejerce un papel fundamental para el desarrollo de las plantas de pimiento. Investigaciones realizadas han determinado que sus requerimientos están alrededor de los 30 000 lx. Cuando las plantas están expuestas a una deficiente luminosidad, se afectan morfológica y fisiológicamente, presentando raquitismo, demoran en florecer y fructificar, el ciclo vegetativo se alarga y la producción de frutos es menor (Narcia, 2007).

- Humedad del suelo

Las plantas de pimiento son exigentes a la humedad del suelo debido a la morfología de su sistema radical. La necesidad de humedad de esta especie varía en dependencia de los factores edáficos y climáticos. La humedad influye en las características morfológicas y fisiológicas, siendo alrededor del 80 - 85 % la humedad adecuada para lograr un correcto desarrollo de la planta. Cuando la humedad es deficiente se afecta el crecimiento de las plantas, el número de flores y de frutos disminuye, por lo que se reduce el rendimiento por planta, los frutos presentan menor masa promedio, disminuye el espesor de la pulpa y se presentan mayor cantidad de frutos deformados, además se afecta su materia seca. El exceso de humedad retrasa la maduración, se reduce el contenido de sólidos solubles y si se acompaña de bajas temperaturas disminuye la intensidad del color del fruto (InfoAgro, 2013).

- Humedad del aire

En estudios realizados sobre el crecimiento de plantas de pimiento con diferentes porcentajes de humedad relativa, se observó que a los 54 días del trasplante, las plantas que alcanzaron mayor altura fueron las que crecieron con mayor humedad relativa (Tabla 2). La alta humedad relativa del aire ejerce un efecto negativo sobre la polinización, por lo que afecta el número de frutos por planta (Tabla 3), (InfoAgro, 2013).

Tabla 2. Crecimiento de las plantas de pimiento a diferentes porcentajes de humedad relativa

Humedad relativa del aire (%)	Altura promedio (cm)
55	40
80	41
95	46.5

Tabla 3. Efecto de la humedad relativa sobre la polinización

Floración y fructificación	55 % humedad relativa	80 % humedad relativa	95 % humedad relativa
Número de flores polinizadas	196	195	81
Número de flores deformadas	164	157	68
Masa promedio del fruto (g)	74	81	138
Número promedio de semillas/fruto	78	100	132
Días promedio desde la polinización hasta la cosecha	72	72	69

- Suelo

El cultivo del pimiento se adapta a una gran variedad de suelos, siempre que estén bien drenados, ya que es una planta muy sensible a la asfixia radicular. Por ello son los suelos profundos, bien aireados, permeables y ricos en materia orgánica, son los que reúnen las mejores cualidades para el óptimo desarrollo y crecimiento de las plantas (Davies *et al.*, 2000).

1.3. Fisiología

- Germinación

Es un proceso complejo en el que se distinguen tres fases, la fase de hidratación, la de germinación estricta y la de crecimiento. Los cultivares de *C. annuum* no presentan latencia seminal, si las semillas están inmaduras se retrasa la germinación, sobre la ella inciden diversos factores, como son la necesidad de humedad, aireación, y un rango térmico de 20 - 30 °C. A temperaturas próximas a 30 °C la germinación es más rápida que con temperaturas más bajas, mientras que a 35 °C esta no se produce (Vera, 2002).

- Crecimiento vegetativo y Floración

El crecimiento dura durante todo el cultivo y comienza desde los cotiledones, creciendo la planta con un tallo único hasta la formación de 10 - 12 hojas, las cuales brotan con un intervalo de tiempo aproximado de siete días. Cuando la planta alcanza el máximo estadio vegetativo, aproximadamente a los 90 días de la germinación en siembras directas y a los 55 - 60 días después del trasplante, comienza el desarrollo de las ramas en las axilas superiores con un crecimiento simpoidal (de cada nudo salen dos o tres ramas), produciéndose simultáneamente la diferenciación de un primordio floral en el ápice del tallo principal. Cada ramificación forma una hoja y termina en una yema floral, y en la axila foliar vuelve a diferenciarse una nueva ramificación (Vera, 2002).

- **Fructificación**

No todas las flores se desarrollan a frutos. La proporción del inicio del desarrollo del fruto depende de los siguientes factores; en primer lugar existe una correlación negativa entre el número de frutos en desarrollo y el desarrollo de nuevas flores. Entre los factores exógenos, la reducción de la intensidad luminosa reduce el porcentaje del desarrollo de los frutos, quizás el factor externo más importante es la temperatura. A temperaturas diurnas superiores a 30 °C el desarrollo de los frutos es muy escaso, aumentando este a medida que la temperatura baja hasta un óptimo de 20 °C (Dogliotti, 2009).

Una planta joven sometida durante la noche a una temperatura de 12 °C produce un mayor número de flores que esa misma planta sometida a temperaturas nocturnas de 18 °C, las bajas temperaturas nocturnas (8 - 10 °C) reducen la viabilidad del polen, pero favorecen la formación de frutos partenocárpico. No hay técnicas de cuajado salvo la temperatura, para que se produzca el desarrollo del fruto en pimiento California por ejemplo, la temperatura tiene que ser mayor de 16 °C. El fruto se desarrolla entre 35 - 50 días (Dogliotti, 2009).

- **Maduración**

La madurez fisiológica se alcanza cuando está verde y vira a rojo o amarillo. Durante la maduración del fruto se producen cambios cuantitativos en su composición asociados a cambios cualitativos de color, sabor, textura y olor. Un factor decisivo en la maduración es la temperatura, siendo por lo común temperaturas necesarias entre 15 - 35 °C para una adecuada maduración (Dogliotti, 2009).

1.4. Nutrición

- **Nitrógeno:** el pimiento es exigente al nitrógeno necesitando unos 160 kg ha⁻¹; una deficiencia de nitrógeno provoca una detención del crecimiento, hojas de color verde amarillento con tendencia al deshoje en la parte superior del tallo, pobre floración y

fructificación, y en ocasiones cuando los frutos llegan a formarse presentan deformaciones a causa del desarrollo defectuoso (Despestre, 2009).

- **Fósforo:** el fósforo influye en el crecimiento de la planta, en el cuajado de los frutos y la maduración, necesitando unos 30kg ha⁻¹; una deficiencia de fósforo provoca que las hojas sean pequeñas y amarillas, tallo delgado sin floración o fructificación (Jiménez *et al.*, 2001).

- **Potasio:** el potasio influye en la calidad de los frutos, la temprana maduración, así como en los rendimientos del cultivo, necesitando unos 160 kg ha⁻¹; una deficiencia de potasio provoca hojas pequeñas de color verde oscuro que cambian después a amarillento con pequeñas áreas necróticas de color pardo en el extremo de las hojas inferiores (Cano, 2002).

- **Calcio:** el calcio desempeña una función fundamental como componente de las paredes celulares de las plantas e influye directamente en la actividad de los meristemos. Los síntomas de la deficiencia de calcio son fácilmente distinguibles, suelen aparecer, en primer lugar, en las hojas jóvenes y los ápices en crecimiento activo, como consecuencia de la inmovilidad de este elemento en la planta. Las hojas jóvenes presentan clorosis junto a los bordes, y estas zonas cloróticas acaban en necrosis. Las zonas meristemáticas y apicales de los tallos, las raíces y las hojas sufren una fuerte afectación y pueden morir con el consiguiente cese del crecimiento de dichos órganos. La deficiencia de calcio en los frutos de tomate se presenta como una podredumbre de los ápices, conocida como culillo esta deficiencia puede corregirse con aplicaciones de nitrato de calcio al suelo a razón de 500 kg ha⁻¹ o con aplicaciones foliares de 4,50 kg ha⁻¹ (Torres, 2005).

- **Abono orgánico:** el pimiento reacciona favorablemente a la aplicación de fertilizantes orgánicos, dado su efecto favorable en la mejora de la estructura del suelo y en la disponibilidad de nutrientes (Cano, 2002).

1.5. Fitotecnia

- Marcos de plantación

El marco de plantación se establece en función del porte de la planta, que a su vez dependerá de la variedad comercial cultivada. El más frecuentemente empleado es de un metro entre líneas y 0,50 m entre plantas, aunque cuando se trata de plantas de porte medio y según el tipo de poda de formación, es posible aumentar la densidad de plantación a 2,5 a tres plantas por metro cuadrado. También es frecuente disponer líneas de cultivo pareadas, distantes entre sí 0,80 m y dejar pasillos de 1,20 m entre cada par de líneas con objeto de favorecer la realización de las labores culturales, evitando daños indeseables al cultivo, soliendo llegar hasta las 60 000 plantas ha⁻¹ (Vidal, 2005).

- Poda de formación

Es una práctica cultural frecuente y útil en casa de cultivos y como consecuencia la obtención de producciones de una mayor calidad comercial. Ya que con la poda se obtienen plantas equilibradas, vigorosas y aireadas, para que los frutos no queden ocultos entre el follaje, a la vez que protegidos por él de insolaciones. Se delimita el número de tallos con los que se desarrollará la planta (normalmente dos o tres). La poda de formación es más necesaria para variedades tempranas de pimiento, que producen más tallos que las tardías (Vidal, 2005).

- Aporcado

Práctica que consiste en cubrir con tierra o arena parte del tronco de la planta para reforzar su base y favorecer el desarrollo radicular. En terrenos enarenados debe retrasarse el mayor tiempo posible para evitar el riesgo de quemaduras por sobrecalentamiento de la arena (Vidal, 2005).

- Destallado

A lo largo del ciclo de cultivo se irán eliminando los tallos interiores para favorecer el desarrollo de los tallos seleccionados en la poda de formación, así como el paso de

la luz y la ventilación de la planta. Esta poda no debe ser demasiado severa para evitar en lo posible paradas vegetativas y quemaduras en los frutos que quedan expuestos directamente a la luz solar, sobre todo en épocas de fuerte insolación (Benavidez, 2007).

- Deshojado

Es recomendable tanto en las hojas senescentes, con objeto de facilitar la aireación y mejorar el color de los frutos, como en hojas enfermas, que deben sacarse inmediatamente del invernadero, eliminando así la fuente de inóculo (Benavidez, 2007).

- Aclareo de frutos

Normalmente es recomendable eliminar el fruto que se forma en la primera inserción de las ramas con el fin de obtener frutos de mayor calibre, uniformidad y precocidad, así como mayores rendimientos. En plantas con escaso vigor o endurecidas por el frío, una elevada salinidad o condiciones ambientales desfavorables en general, se producen frutos muy pequeños y de mala calidad que deben ser eliminados mediante aclareo (Benavidez, 2007).

- Riego

Para obtener rendimientos elevados en pimiento se requiere de un suministro adecuado de agua y de suelos que se mantengan relativamente húmedos durante el período total de desarrollo. Para los primeros diez días después del trasplante se recomienda unos $175 - 255 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ con un intervalo de riego de tres o cuatro días, y en las restantes fases de desarrollo, incluyendo la cosecha se recomienda unos $235 - 290 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ con un intervalo de seis u ocho días (Zapata, 2002).

1.6. Plagas y enfermedades

1.6.1. Plagas

- **Araña roja:** (*Tetranychus urticae* (Koch)) esta especie es la más común en los cultivos hortícolas. Se desarrolla en el envés de las hojas causando decoloraciones, punteaduras o manchas amarillentas que pueden apreciarse en el haz como primeros síntomas. Con mayores poblaciones se produce desecación o incluso defoliación. Los ataques más graves se producen en los primeros estados fenológicos. Las temperaturas elevadas y la escasa humedad relativa favorecen el desarrollo de la plaga (Despestre, 2009).

- **Araña blanca.** (*Polyphagotarsonemus latus* (Banks)) esta plaga ataca principalmente al cultivo de pimiento, si bien se ha detectado ocasionalmente en tomate, y pepino. Los primeros síntomas se aprecian como rizado de los nervios en las hojas apicales y brotes, y curvaturas de las hojas más desarrolladas. En ataques más avanzados se produce enanismo y una coloración verde intensa de las plantas (Despestre, 2009).

- **Mosca blanca.** (*Bemisia tabaci* (Genn.)) las partes jóvenes de las plantas son colonizadas por los adultos, realizando las puestas en el envés de las hojas. Los daños directos (amarillamientos y debilitamiento de las plantas) son ocasionados por larvas y adultos al alimentarse, absorbiendo la savia de las hojas. Los daños indirectos se deben a la proliferación de fumagina sobre la melaza producida en la alimentación, manchando y depreciando los frutos y dificultando el normal desarrollo de las plantas. Ambos tipos de daños se convierten en importantes cuando los niveles de población son altos. Otros daños indirectos se producen por la transmisión de virus ya que *B. tabaci* es potencialmente transmisora de un gran número de virus en cultivos hortícolas (Zapata, 2002).

- **Pulgón.** (*Aphis gossypii* (Sulzer)) y (*Myzus persicae* (Glover)) son las especies de pulgón más comunes y abundantes en los cultivos y provocan daños principalmente por la transmisión de virus (Serrano, 2011).

- **Trips.** *Trips sp* coloniza los cultivos realizando las puestas dentro de los tejidos vegetales en hojas, frutos y, preferentemente, en flores donde se localizan los mayores niveles de población de adultos y larvas nacidas de las puestas. Los daños directos se producen por la alimentación de larvas y adultos, sobre todo en el envés de las hojas, dejando un aspecto plateado en los órganos afectados que luego se necrosan. Estos síntomas pueden apreciarse cuando afectan a frutos y cuando son muy extensos en hojas. El daño indirecto es el que acusa mayor importancia y se debe a la transmisión del virus del bronceado del tomate (TSWV), que afecta a pimiento y al tomate (Zapata, 2002).

- **Nematodos:** (*Meloidogyne incognita* (Kofoid y White)) afecta prácticamente a todos los cultivos hortícolas, produciendo los típicos nódulos en las raíces. Estos daños producen la obstrucción de vasos e impiden la absorción por las raíces, traduciéndose en un menor desarrollo de la planta y la aparición de síntomas de marchitez en las horas, clorosis y enanismo (Despestre, 2009).

1.6.2. Enfermedades

- **Podredumbre del cuello.** (*Phytophthora capsici* (Leo.)) puede atacar a la plántula y a la planta. El ataque puede ser distinto dependiendo de diversos factores, como son las condiciones climáticas, cantidad de inóculo, variedad, suelo, estado vegetativo de la planta, etc. La parte aérea manifiesta una marchitez irreversible (sin previo amarillamiento). En las raíces se produce una podredumbre que se manifiesta con un engrosamiento y chancro en la parte del cuello. Los síntomas pueden confundirse con la asfixia radicular (Zapata, 2001).

- **Mancha bacteriana.** (*Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*) aparecen en hojas en forma de manchas pequeñas, húmedas al principio que posteriormente se hacen circulares e irregulares, con márgenes amarillos, translúcidas y centros pardos posteriormente apergaminados. En el tallo se forman pústulas negras o pardas y elevadas. Se transmite por semilla. Se dispersa por lluvias, rocíos, viento, etc. Afecta sobre todo en zonas cálidas y húmedas (Despestre, 2009).

1.6.3. Enfermedades fisiológicas

- **Rajado del fruto:** se produce por aportes irregulares de agua y/o altos niveles de humedad relativa en frutos maduros cuando se hincha el mesocarpio por un exceso de agua y rompe la epidermis. La sensibilidad es variable entre cultivares (Dogliotti, 2009).

- **Necrosis apical:** alteración del fruto causada por una deficiencia de calcio durante su desarrollo. El aumento rápido de la temperatura, la salinidad elevada, el estrés hídrico y térmico, son factores que favorecen en gran medida la aparición de esta fisiopatía. La sensibilidad a esta fisiopatía es variable en función del cultivar (Dogliotti, 2009).

- **Infrutescencias:** formación de pequeños frutos en el interior del fruto aparentemente normal. La causa de esta alteración puede ser de origen genético o por condiciones ambientales desfavorables (Cano, 2002)

- **Quemaduras de sol:** manchas por desecación en frutos, como consecuencia de su exposición directa a fuertes insolaciones (Dogliotti, 2009).

- **Asfixia radicular:** el pimiento es una de las especies más sensibles a esta fisiopatía. Se produce la muerte de las plantas a causa de un exceso generalizado de humedad en el suelo, que se manifiesta por una pudrición de toda la parte inferior de la planta (Cano, 2002)

1.7. Bioestimulantes

- FitoMas - E

Cuando existe una disminución en la actividad radicular durante el estado reproductivo (floración y fructificación), la absorción de nutrientes disminuye, por lo tanto las aplicaciones foliares compensan ampliamente esta disminución de nutrientes en la planta. Las plantas fabrican las proteínas que ellas necesitan, sintetizándolas a partir de aminoácidos, los cuales, a su vez, son producidos a partir de un muy complejo proceso bioquímico partiendo de cuatro elementos básicos: nitrógeno, carbono, oxígeno e hidrógeno. Este proceso consume energía bioquímica y biológicamente. FitoMas-E da a la planta los aminoácidos y péptidos ya formados que necesita, ahorrando energía de procesos biológicos (Yumar y Capote, 2014).

Además Fitomás-E es un producto antiestrés con sustancias naturales propias del metabolismo vegetal, que estimula y vigoriza prácticamente cualquier cultivo, desde la germinación hasta la fructificación. También disminuye los daños por salinidad, sequía, exceso de humedad, fitotoxicidad, enfermedades, plagas, ciclones, granizadas, podas y trasplantes. Frecuentemente reduce el ciclo del cultivo, potencia la acción de los fertilizantes, agroquímicos y bioproductos propios de la agricultura ecológica lo que a menudo permite reducir entre el 30 % y el 50 % de las dosis recomendadas (Montano, 2005).

- Biobras - 16

El Biobras – 16 es una formulación desarrollada por el Centro de Estudios de Productos Naturales (CEPN) adjunto a la Facultad de Química de la Universidad de La Habana desde finales de los 90 para ser aplicada en la agricultura. Su principio activo, el DI - 31, es un análogo funcional de brasinoesteroide con actividad promotora de desarrollo vegetal, de elevado valor agregado, alta actividad biológica e inocuo al hombre y al medio ambiente, induciendo un incremento significativo de los rendimientos agrícolas entre un 10 y un 30 % (CEPN, 2015).

Así como otros brasinoesteroides, el Biobras – 16, promueve la elongación de tejidos vegetales, tiene la doble propiedad de acelerar simultáneamente el crecimiento celular y proteger los tejidos, induce la división celular, acelerando la diferenciación de protoplastos y la regeneración de la pared celular, estimulando la traslocación de fotosintatos, influyendo o dirigiendo procesos de movilización dentro de las plantas, estimulando la actividad fotosintética, acelerando la fijación de CO₂, incrementando la biosíntesis de proteínas y el contenido de azúcares reductores (Santiago y García, 2013).

Este producto se recomienda para una amplia gama de cultivos como viandas, raíces, tubérculos, plátano, hortalizas, leguminosas de grano, arroz, caña de azúcar, entre otras. Se aplica por aspersión o por inmersión de la semilla a una dosis de entre 10 - 50 ml ha⁻¹ y es compatible con fertilizantes que se aplican de modo foliar (MINAG, 2014).

En el cultivo del pimiento se recomienda aplicar el Biobras - 16 a partir de los 15 días después del trasplante con una frecuencia quincenal hasta los 60 días después del trasplante, a una dosis de entre 40 - 50 ml ha⁻¹ (Yumar y Capote, 2014).

- Microorganismos Eficientes (ME)

El concepto y tecnología de Microorganismos Eficientes fue desarrollado por el Doctor Teruo Higa en la Universidad de Ryukyus, Okinawa, Japón, completándose el estudio en 1982 (Salgado, 2009).

El principio fundamental de esta tecnología fue la introducción de un grupo de microorganismos benéficos para mejorar las condiciones del suelo, suprimir la putrefacción (incluyendo enfermedades), microbios y mejorar la eficacia del uso de la materia orgánica por las plantas. Los microorganismos eficientes están formados fundamentalmente por bacterias fototróficas, bacterias acidolácticas, levaduras y hongos micorrizógenos. Estos grupos de microorganismos ayudan a fijar nitrógeno

atmosférico en la rizósfera, solubilizan el fósforo del suelo, descomponen la materia orgánica haciéndola asimilable por las plantas, combaten patógenos, y además producen metabolitos que favorecen el crecimiento de las plantas, estas sustancias son aminoácidos, ácidos nucleicos, sustancias bioactivas y azúcares, así como una gran variedad de vitaminas y hormonas (Nishikawa, 2011).

Incrementa la eficiencia de la materia orgánica como fertilizante. Durante el proceso de fermentación se liberan y sintetizan sustancias y compuestos como: aminoácidos, enzimas, vitaminas, sustancias bioactivas, hormonas y minerales solubles, que al ser incorporados al suelo a través del abono orgánico, mejoran sus características físicas, químicas y microbiológicas (Salgado, 2009).

Uso de los Microorganismos Eficientes en la agricultura

La tecnología ME está siendo utilizada para reemplazar agroquímicos y fertilizantes sintéticos en varios cultivos, el ME para la agricultura se enfoca para el mejoramiento de la calidad del suelo construyendo una microflora balanceada con la mayoría de especies de microorganismos benéficos (Moya, 2012).

La aplicación de Microorganismos Eficientes en el área de la rizósfera favorece la solubilización de nutrientes, generación de sustancias bioactivas y protección de los cultivos frente al desarrollo de las enfermedades del suelo (Nishikawa, 2011).

Por otra parte, con su aplicación al follaje se logra promover el desarrollo de los puntos de crecimiento de las plantas, proteger el follaje contra patógenos y generar un microambiente favorable para el desarrollo vigoroso de las plantas (Rolli, 2010).

- Humus de lombriz Líquido

El humus corresponde a la materia orgánica del suelo en un estado más o menos avanzado de estabilización y está formado por ácidos húmicos, fúlvicos y huminas. El humus posee numerosas características físico-químicas que provocan efectos positivos tanto en el suelo como en la planta, alguno de ellos son: mejorar la estructura del suelo, mejorar la retención de humedad, facilitar la absorción de nutrientes por parte de la planta y estimular el desarrollo de ésta (Fernández, 2003).

El Humus de Lombriz sólido puede ser tratado con agua y obtener soluciones acuosas que contienen la concentración de los elementos solubles más importantes presentes en el mismo, a lo que se denomina comúnmente como “Humus líquido” (H.L), que al ser aplicado foliarmente actúa como estimulador del crecimiento, además de proveer al cultivo de algunos de los principales nutrientes solubles en el mismo (Almaguer *et al.*, 2012).

Capítulo 2: Materiales y Métodos

2.1. Lugar donde se realizó la investigación

La presente investigación se realizó en la finca Los Valero, perteneciente a la CCS Emilio R. Capestani del municipio Cabaiguán, provincia de Sancti Spíritus.

La situación geográfica del ecosistema en estudio, corresponde con el cinturón climático tropical, al igual que todo el archipiélago y pertenece a la subregión climática Caribe-Occidental, con vientos estacionales en calma e influencia de la continentalidad.

El diseño metodológico de la investigación se estructuró en fases que dieron salida cronológicamente y de manera sistémica al objetivo del estudio, empleándose los tres métodos fundamentales de investigación en la biología aplicada:

- La observación.
- La medición.
- El experimento.

2.2. Descripción del experimento

El experimento se llevó a cabo en la época poco lluviosa en el período del 11 de diciembre del 2015 al 29 de abril de 2016; realizándose la siembra en un suelo Pardo Sialítico sin Carbonatos (Hernández, 1999).

La preparación del suelo se realizó según las normas del instructivo técnico del pimiento: roturación, mullido, cruce, mullido y surcado; todo con tracción animal excepto la rotura que se realizó de forma mecanizada. A los 50 días, se realizó un aporque entre surco, con tracción animal. La fertilización fue con fórmula completa

(9-13-17) en la siembra y una segunda aplicación de formula completa (9-13-17) a los 50 días, coincidiendo con la labor de aporque.

En el montaje del experimento (Tabla 4) se empleó un diseño de bloques al azar con cinco tratamientos y tres réplicas, ubicándose en parcelas de 90 m² con cinco surcos de 20 m de longitud. La variedad de pimiento empleada fue “California Wonder”; las posturas fueron producidas dentro de la misma finca en un semillero realizado por el productor en condiciones tradicionales, el trasplante se realizó a mano con un marco de siembra de 0,90 m x 0,25 m. Los tratamientos utilizados fueron FitoMas - E, Biobras - 16, Microorganismos Eficientes, Humus de Lombriz Líquido y un testigo.

Tabla 4. Distribución espacial de los tratamientos y sus réplicas

C3	E3	D3	A3	B3
E2	D2	B2	C2	A2
A1	B1	C1	D1	E1

A: FitoMas - E

B: Biobras - 16

C: Microorganismos Eficientes

D: Humus de Lombriz Líquido

E: Testigo

Los bioestimulantes empleados para cada tratamiento se aplicaron según el momento y las dosis recomendadas por los manuales expedidos por los fabricantes de estos productos (Tabla 5.)

Tabla 5. Tratamientos, productos utilizados, dosis y momento de aplicación

Tratamientos	Productos utilizados	Dosis (L ha⁻¹)	Momento de aplicación
A	FitoMas - E	1,00	15 días después del trasplante con frecuencia quincenal
B	Biobras - 16	0,05	15 días después del trasplante con frecuencia quincenal
C	M. E	25.50	A partir del trasplante con una frecuencia semanal.
D	H. L.	16,00	A partir del trasplante con una frecuencia semanal.
E	Testigo	-	-

2.3. Determinación de las variables morfológicas del cultivo del pimiento en las diferentes variantes en estudio

Los muestreos se realizaron a los 40 y 60 días posteriores al trasplante, a los cuales se les determinó diferentes variables morfológicas.

Altura de las plantas

Se midió la altura de la planta desde la base del tallo hasta la yema apical con una regla milimetrada.

Número de ramas

Se determinó contando el número de entrenudos presentes en cada planta.

Área foliar

El Área Foliar (AF) se determinó por el método del factor, este método se basa en la medición de la longitud y ancho del limbo de la hoja y la relación matemática entre el área real y el producto del largo por ancho de dicha hoja. Se requiere conocer o determinar el coeficiente de área foliar para poder usarlo.

$$At = \Sigma (l a) f \qquad f = \frac{Ah}{l.a}$$

Ah: Área de la hoja

l: Largo del limbo de la hoja

a: Ancho del limbo de la hoja en la zona más ancha (centro)

f: Coeficiente de área foliar (factor)

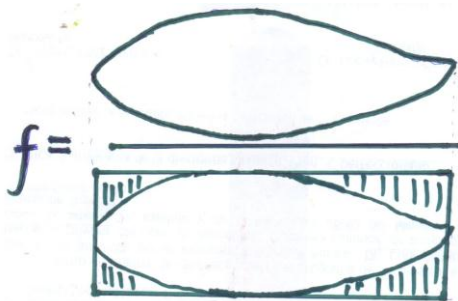


Figura 1. Coeficiente de Área Foliar.

Masa fresca y masa seca

La masa fresca se determinó en una balanza digital de precisión *Sartorius BS 22025* ($d= 0,01g$), luego se determinó la masa seca empleándose para ello una estufa a $65^{\circ}C$, durante 72 horas, procediéndose después al pesaje de las muestras hasta que estas presentaron una masa estable.

2.4. Determinación de los índices de crecimiento del cultivo del pimiento en las diferentes variantes en estudio

Con los datos obtenidos se realizaron los cálculos del Índice de Área Foliar, la Relación de Área Foliar, la Tasa de Asimilación Neta, la Tasa de Crecimiento Relativo y la Tasa Absoluta de Crecimiento.

Índice Área Foliar (IAF). Expresa la relación entre el área foliar y el área de terreno que ocupa la planta.

$$IAF = \frac{AreaFoliar}{AreaSuelo}$$

Relación o razón de Área Foliar (RAF). Expresa la proporción de superficie de hojas de la planta por unidad de masa presente en un momento dado.

$$RAF = \frac{1}{2} \left(\frac{A1}{P1} + \frac{A2}{P2} \right)$$

A1: Área foliar de la planta (cm²) a los 40 días posteriores al trasplante

A2: Área foliar de la planta (cm²) a los 60 días posteriores al trasplante

P1: Masa seca de la planta (g) a los 40 días posteriores al trasplante

P2: Masa seca de la planta (g) a los 60 días posteriores al trasplante

Tasa de Asimilación Neta (TAN). Es la producción de materia seca elaborada por la planta, determinada fundamentalmente por el balance entre la fotosíntesis y la respiración. Se calculó mediante la fórmula:

$$TAN = \frac{P2 - P1}{A2 - A1} \bullet \frac{\ln A2 - \ln A1}{t2 - t1} = g \text{ dm}^{-2} \text{ d}^{-1}$$

- P1:** Masa de la materia seca total (g) a los 40 días posteriores al trasplante
- P2:** Masa de la materia seca total (g) a los 60 días posteriores al trasplante
- A1:** Área Foliar (cm²) a los 40 días posteriores al trasplante
- A2:** Área Foliar (cm²) a los 60 días posteriores al trasplante
- t1:** 40 días de sembrado
- t2:** 60 días de sembrado

Tasa de Crecimiento Relativo (TCR). Expresa cantidad de masa seca producida por unidad de masa seca presente por unidad de tiempo. Se calculó mediante la fórmula:

$$TCR = \frac{2(P2 - P1)}{(P2 + P1)(t2 - t1)}$$

- P1:** Masa de la materia seca total (g) a los 40 días posteriores al trasplante
- P2:** Masa de la materia seca total (g) a los 60 días posteriores al trasplante
- t1:** 40 días de sembrado
- t2:** 60 días de sembrado

Tasa Absoluta de Crecimiento (TAC). Expresa cantidad de masa seca producida por unidad de tiempo. Es la pendiente de la curva sigmoideal del crecimiento en el tiempo. Se calculó mediante la fórmula:

$$TAC = \frac{P2 - P1}{t2 - t1}$$

- P1:** Masa de la materia seca total (g) a los 40 días posteriores al trasplante
- P2:** Masa de la materia seca total (g) a los 60 días posteriores al trasplante
- t1:** 40 días de sembrado
- t2:** 60 días de sembrado

Rendimientos. Expresa la cantidad de masa fresca comercial producida en un espacio determinado de suelo. Se calculó mediante la fórmula:

$$R = \frac{P}{A}$$

P: Masa total de los frutos cosechados

A: Área total de suelo ocupada por la plantación

2.5. Análisis estadístico

Se realizó análisis de ANOVA de clasificación simple a las variables determinadas y las medias se compararon por la prueba de rango múltiple de Tukey para $p \leq 0,05$, previa comprobación de normalidad (Kolmogórov Smirnov) y homogeneidad (Levene).

CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Parámetros Morfológicos

3.1.1. Altura de las plantas y Número de ramas

A los 40 días posteriores al trasplante, la altura de las plantas se vio favorecida en el tratamiento con Microorganismos Eficientes, mientras que los demás tratamientos no tuvieron diferencias con el Testigo. En las muestras tomadas a los 60 días, la altura de las plantas mostró que Microorganismos Eficientes fue el mejor, superando al Testigo y al Humus de Lombriz Líquido en 18 y 19 cm respectivamente. FitoMas - E y Biobras - 16 no mostraron diferencias estadísticamente significativas con el resto de los tratamientos (Tabla 6).

Estos resultados coinciden con Valle, (2010) en su estudio con formulaciones nutritivas de Steiner, donde la altura de las plantas de pimiento fueron similares a las obtenidas en esta investigación tanto a los 40 como a los 60 días.

El número de ramas (Tabla 6) a los 40 días del trasplante fue superior con Microorganismos Eficientes, aunque sin diferencias con FitoMas - E y Testigo; estos dos últimos tratamientos no tuvieron diferencias significativas con Biobras - 16 y Humus de Lombriz Líquido. A los 60 días del trasplante, el tratamiento con mayor número de ramas fue igualmente Microorganismos Eficientes, mostrando una media de 3,50 ramas por encima de Biobras - 16 y sin diferencias con FitoMas - E, Humus de Lombriz Líquido y el Testigo.

Estos resultados difieren de los obtenidos por Valle (2010) a los 40 días, donde el autor obtuvo un menor número de ramas; aunque a los 60 días los resultados obtenidos fueron similares a los descritos por dicho autor.

Tabla 6. Altura y número de ramas de las plantas de pimiento muestreadas a los 40 y 60 días

Tratamientos	Altura a los 40 días (cm)	Altura a los 60 días(cm)	Número de ramas 40 días	Número de ramas 60 días
FitoMas-E	41,75b	51,00ab	7,75ab	8,25ab
Biobras-16	40,75b	48,75ab	6,00b	6,25b
ME	51,00a	60,00a	9,75a	10,00a
H. Lombriz	37,00b	41,75b	5,65b	6,75ab
Testigo	38,65b	42,00b	7,00ab	8,75ab
CV (%)	14,48	17,65	28,89	25,65
EE(x)±	1,35	1,92	0,46	0,45

Letras minúsculas desiguales en las columnas para las medias difieren para $p \leq 0,05$ según prueba de rangos múltiples de Tukey.

3.1.2. Área Foliar

En la Figura 2 se puede observar como el Área Foliar a los 40 días después del trasplante fue mayor en los tratamientos con FitoMas - E y Microorganismos Eficientes sin diferencias estadísticas entre ellos, a su vez Biobras - 16 fue el segundo con mayor valor, el que superó a los demás tratamientos en estudio. A los 60 días Microorganismos Eficientes presentó la mayor área foliar con diferencias estadísticas con el resto de los tratamientos. FitoMas - E y Biobras – 16 fueron los que le siguieron en valores y sin diferencias estadísticas. La menor área la obtuvo Humus de Lombriz Líquido y Testigo sin diferencias entre ellos.

De Grazia *et al.* (2006) en su estudio sobre el comportamiento del área foliar del pimiento bajo el empleo de diferentes abonos orgánicos y nitrogenados obtuvo valores mayores comparados con los obtenidos en esta investigación, esto pudo estar dado entre otras causas por las diferencias morfológicas existentes entre las variedades utilizadas.

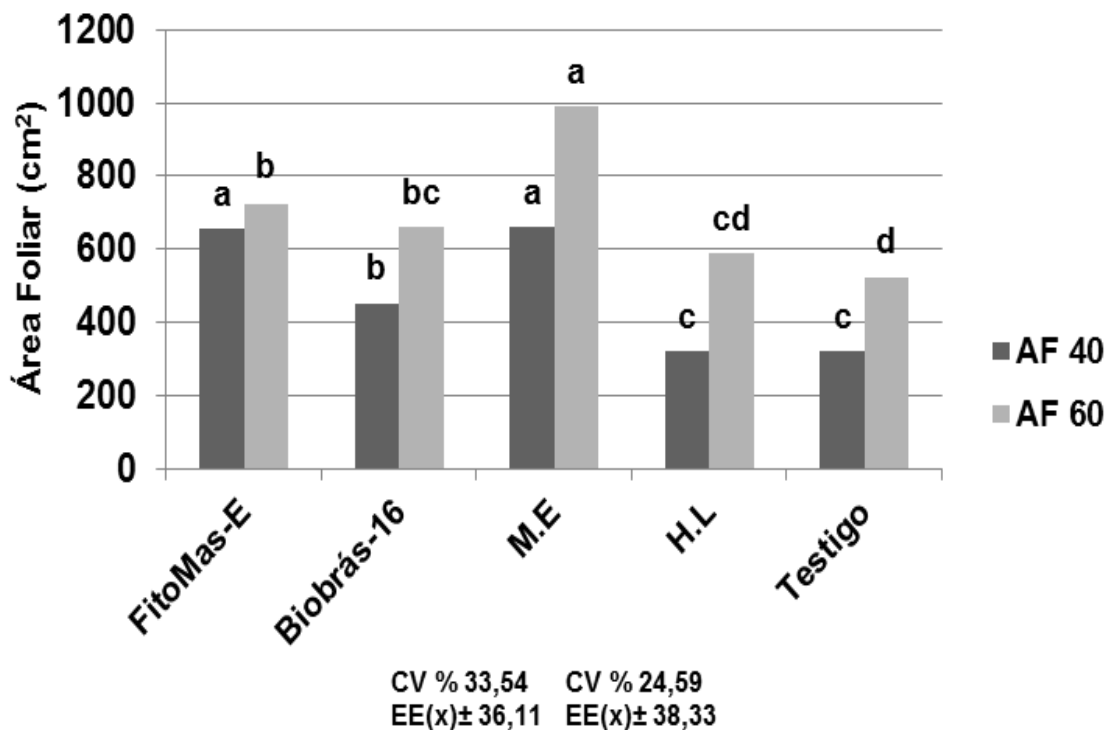


Figura 2. Área Foliar a los 40 y 60 días posteriores al trasplante

3.1.3. Contenido de Masa Fresca y Masa Seca

A los 40 días posteriores al trasplante la masa fresca fue mayor en las muestras de FitoMas - E, Biobras - 16 y Microorganismos Eficientes, siendo diferentes de Humus de Lombriz Líquido y Testigo. A los 60 días la masa fresca se mostró superior en Microorganismos Eficientes sin diferencias con FitoMas - E; por su parte este fue diferente de Humus de Lombriz Líquido y Testigo; mientras que Biobras - 16 no presentó diferencias estadísticas significativas con ninguno de los demás tratamientos (Tabla 7).

La masa seca a los 40 días mostró los mayores valores en las variantes de Microorganismos Eficientes, FitoMas - E y Biobras - 16 (Tabla 7) sin diferencias estadísticas entre ellos. Por su parte FitoMas - E y Biobras - 16 no presentaron

diferencias con Humus de Lombriz Líquido y el Testigo. A los 60 días posteriores al trasplante se mantiene Microorganismos Eficientes y FitoMas - E como los tratamientos con mayor masa seca. FitoMas - E por su parte no presentó diferencias con el resto de los tratamientos.

Tabla 7. Cantidad de masa fresca y masa seca obtenida en las plantas de pimiento muestreadas a los 40 y 60 días posteriores al trasplante

Tratamientos	Masa Fresca	Masa Fresca	Masa Seca	Masa Seca
	40 días (g)	60 Días (g)	40 días (g)	60 días (g)
FitoMas - E	93,10a	355,83ab	10,45ab	30,17ab
Biobras - 16	98,85a	320,06abc	10,94ab	25,26b
M.E	96,00a	376,38a	12,58a	37,68a
H. Lombriz	65,77b	289,14c	8,22b	25,11b
Testigo	64,63b	266,67c	7,96b	22,12b
CV %	25,85	16,5	23,1	23,34
EE(x)±	4,83	11,86	0,51	1,46

Letras minúsculas desiguales en las columnas para las medias difieren para $p \leq 0,05$ según prueba de rangos múltiples de Tukey.

3.2. Índices de Crecimiento

3.2.1. Índice de Área Foliar

Como se puede observar el Índice de Área Foliar a los 40 días después del trasplante fue mayor en los tratamientos con FitoMas - E y Microorganismos Eficientes, a su vez Biobras - 16 fue el segundo con mayor Índice de Área Foliar, presentando diferencias con los demás tratamientos. A los 60 días Microorganismos Eficientes presentó mayor Índice de Área Foliar con diferencias estadísticas con el resto de los tratamientos. FitoMas - E fue el segundo de mayor Índice de Área Foliar, sin diferencias estadísticas con Biobras - 16; el cual a su vez no tuvo diferencias con

Humus de Lombriz Líquido y sí con el Testigo. El menor Índice lo obtuvo Humus de Lombriz Líquido y Testigo sin diferencias entre ellos (Figura 3).

Estos resultados muestran que las plantas a las que se les aplicaron Microorganismos Eficientes fueron capaces de desarrollar una mayor superficie foliar por superficie de suelo que los demás tratamientos, lo que se traduce en un mejor aprovechamiento del marco de siembra establecido y la luz solar.

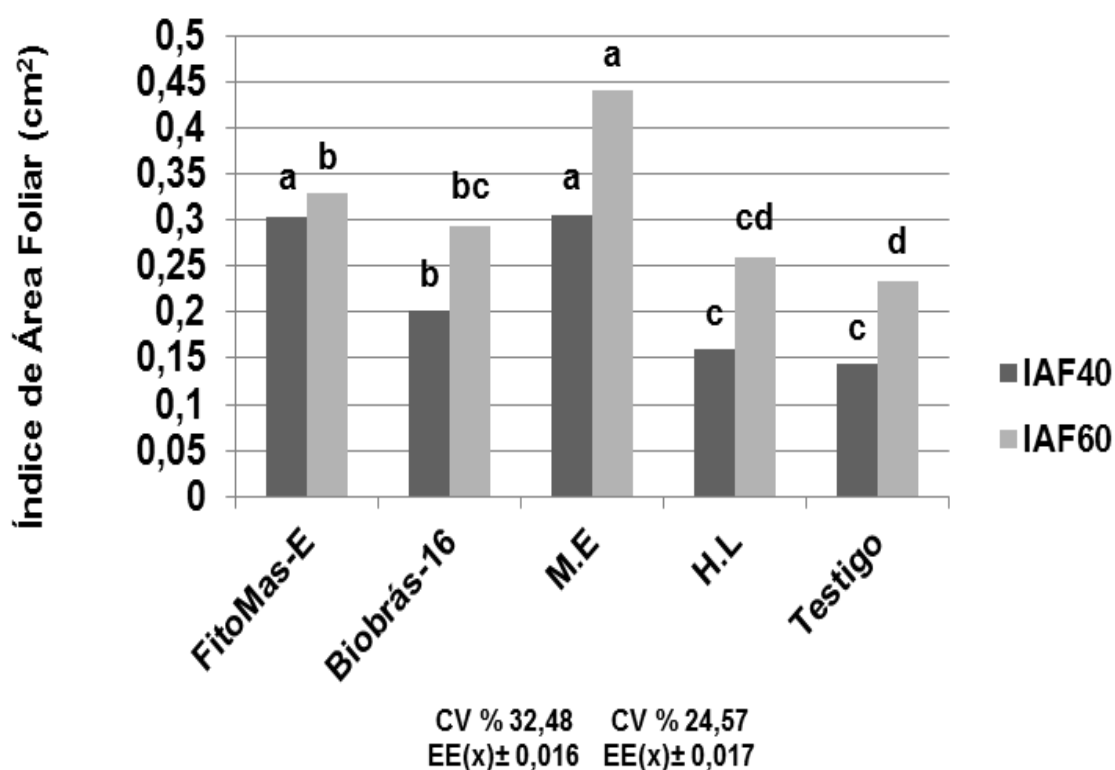


Figura 3. Índice de Área Foliar a los 40 y 60 días posteriores al trasplante

3.2.2. Relación de Área Foliar

Microorganismos Eficientes y FitoMas - E presentaron los mayores valores de Relación de Área Foliar sin diferencias entre ellos y sí con el resto de los tratamientos. Por su parte FitoMas - E no presentó diferencias con Biobras – 16, el cuál constituyó un grupo homogéneo con el testigo. El Humus de Lombriz Líquido; este fue el tratamiento con menor valor numérico de RAF, aunque sin diferencias significativas con el Testigo (Figura 4). Esto significa que las plantas con mayor superficie fotosintética en relación a su contenido de masa seca fueron las pertenecientes a los tratamientos con Microorganismos Eficientes y FitoMas - E, lo que hace que estas plantas sean capaces de captar una mayor cantidad de energía luminosa en relación a su tamaño que los demás tratamientos.

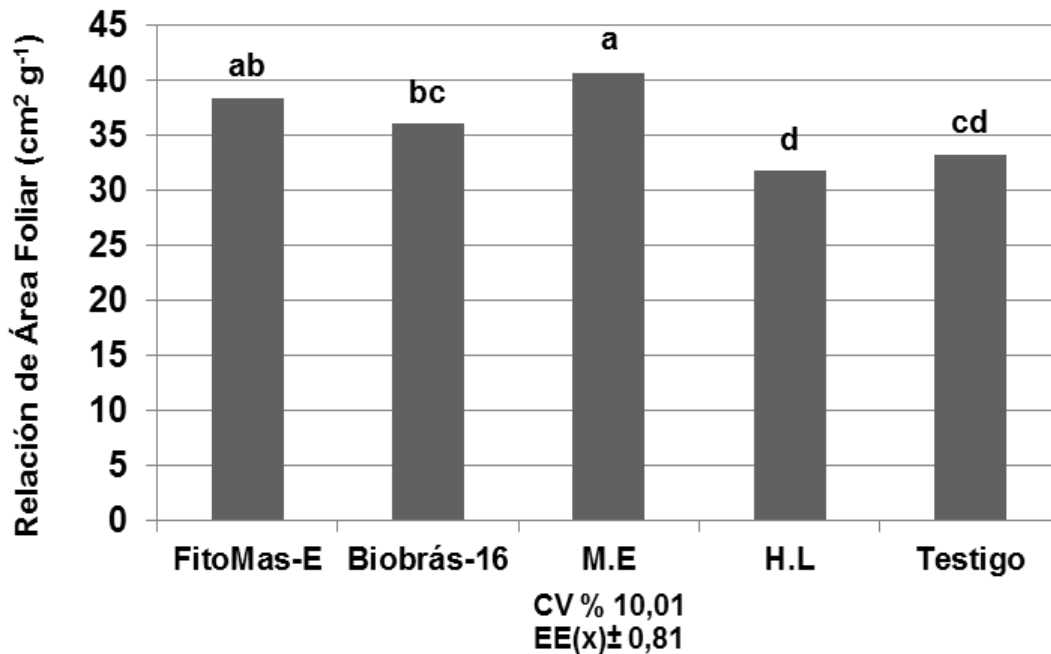


Figura 4. Índice de Área Foliar a los 60 días posterior al trasplante

3.2.3. Tasa de Crecimiento Relativo

La Tasa de Crecimiento Relativo fue mayor en Microorganismos Eficientes, FitoMas - E y Biobras - 16 sin diferencia entre ellos (Tabla 8). Al mismo tiempo FitoMas - E y Biobras - 16 no tuvieron diferencias con el Humus de Lombriz Líquido, por su parte el Testigo fue la variante de menores valores aunque sin diferencias con Humus de Lombriz y Biobras - 16. Estos resultados indican que las plantas tratadas con Microorganismos Eficientes, FitoMas - E y Biobras - 16 tuvieron una mayor eficiencia para producir nueva materia seca en un tiempo determinado, dado en gramos de materia seca ganados por gramo de materia seca existente por unidad de tiempo, ya que esta tasa es considerada como un índice de eficiencia en la producción de masa seca de las plantas y por ende en los rendimientos.

3.2.4. Tasa Absoluta de Crecimiento

La Tasa Absoluta de Crecimiento fue superior en Microorganismos Eficientes, mostrando diferencias con los demás tratamientos; a su vez los tratamientos de FitoMas - E y Biobras - 16 no presentaron diferencias estadísticas entre sí, pero fueron diferentes de Humus de Lombriz Líquido y el Testigo (Tabla 8). Estos resultados muestran que Microorganismos Eficientes presentó un mayor incremento de masa seca por unidad de tiempo que los demás tratamientos, lo que se traduce en un mejor desarrollo y crecimiento de las plantas en relación al resto de los tratamientos.

3.2.5. Tasa de Asimilación Neta

La Tasa de Asimilación Neta fue mayor en Microorganismos Eficientes, presentando diferencias con los demás tratamientos. FitoMas - E fue el segundo tratamiento con mayor TAN, mostrando diferencias estadísticas con Biobras - 16, Humus de Lombriz Líquido y el Testigo, mientras que estos tratamientos no mostraron diferencias estadísticas entre sí y con los valores más bajos (Tabla 8). Esto muestra que

Microorganismos Eficientes obtuvo una mayor ganancia neta en masa seca por unidad de área foliar y por lo tanto una mayor eficiencia fotosintética.

Estos resultados concuerdan con De Grazia *et.al*, (2006) en su estudio sobre el comportamiento de plantas de pimiento con diferentes abonos orgánicos y nitrogenados, donde obtuvo valores similares a los obtenidos en esta investigación en la Tasa de Asimilación Neta.

Tabla 8. Índices de Crecimiento obtenidos en las plantas de pimiento a los 60 días posteriores al trasplante.

Tratamientos	TCR ($\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{día}^{-1}$)	TAC ($\text{g} \cdot \text{día}^{-1}$)	TAN ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{día}^{-1}$)
FitoMas - E	0,052ab	1,067b	0,0033b
Biobras - 16	0,049abc	0,939b	0,0024c
M.E	0,054a	1,405a	0,0044a
H. Lombriz	0,047bc	0,749c	0,0023c
Testigo	0,045c	0,677c	0,0018c
CV %	8,47	28,23	34,47
EE(x)±	0,0009	0,061	0,0002

Letras minúsculas desiguales en las columnas para las medias difieren para $p \leq 0,05$ según prueba de rangos múltiples de Tukey.

3.3. Rendimientos agrícolas.

Los rendimientos agrícolas (Figura 5) fueron mayores en Microorganismos Eficientes con $21,10 \text{ t ha}^{-1}$ mostrando diferencias con los demás tratamientos. FitoMas - E y Biobras - 16 no presentaron diferencias significativas entre sí, pero fueron diferentes estadísticamente de Humus de Lombriz Líquido y Testigo. El Testigo, con $8,90 \text{ t ha}^{-1}$ fue el tratamiento con menor producción agrícola aunque no mostró diferencias estadísticas con Humus de Lombriz Líquido.

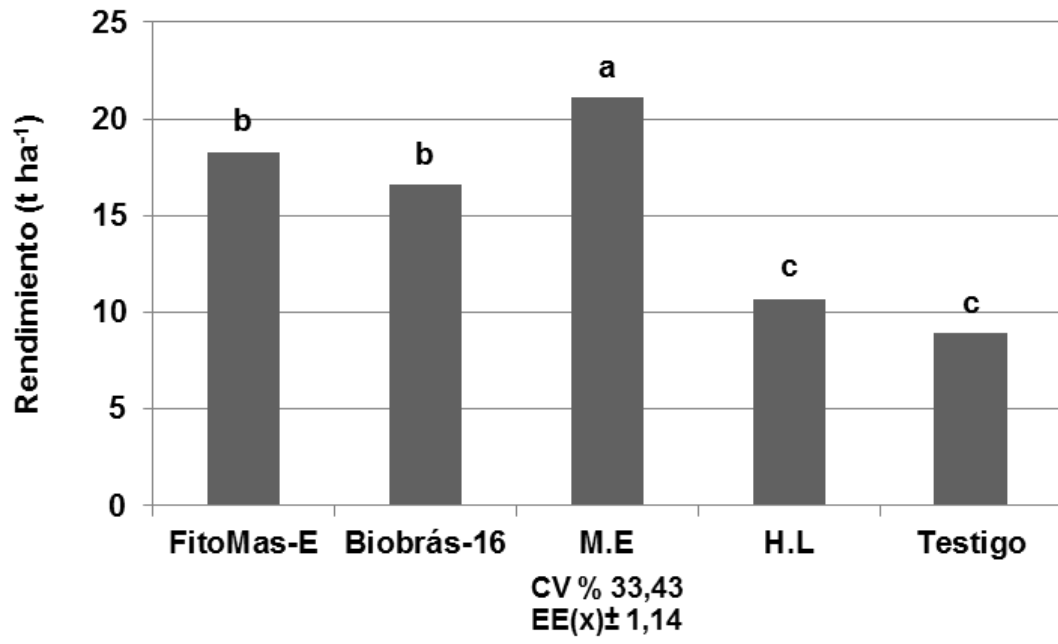


Figura 5. Rendimiento agrícola

CONCLUSIONES

1. Los resultados demostraron que Microorganismos Eficientes fue el tratamiento que mejores resultados mostró en las diferentes variables en estudio, el que obtuvo índices morfofisiológicos superiores, al obtener una ganancia de 0,728 g día⁻¹ y una eficiencia fotosintética de 0,0026 g cm⁻² día⁻¹ por encima del testigo, seguido por FitoMas - E, el cual no tuvo diferencias con Microorganismos Eficientes en varios de los parámetros morfofisiológicos evaluados.
2. Los mayores rendimientos se obtuvieron con los Microorganismos Eficientes alcanzando un rendimiento de 21,10 t ha⁻¹.

RECOMENDACIONES

Utilizar los Microorganismos Eficientes y FitoMas - E como alternativa para aumentar los rendimientos en el pimiento.

Estudiar la combinación de Microorganismos Eficientes y FitoMas - E en el pimiento en futuras investigaciones.

BIBLIOGRAFÍAS

- Almaguer López, J., Reyes Larrondo, V., Reyes Hernández, A., & Villa Palacio, O. (2012). Evaluación del efecto del Humus Líquido obtenido por tres métodos, en condiciones de maceta y de campo, utilizando maíz (*Zea mays* L.) y remolacha azucarera (*Beta vulgaris* L.) respectivamente. *DELLOS*.
- Benavidez, M. (11 de 4 de 2007). El cultivo de chiles, pimientos y ajíes. Saltillo, Coahuila, México.
- Camacho Ferre, F. (12 de 1 de 2009). El cultivo del pimiento bajo invernadero. Almería, Andalucía, España.
- Cano, M. (6 de 2 de 2002). El cultivo del chile (*Capsicum* spp). Ciudad de Guatemala, Guatemala, Guatemala.
- Centro de Estudios de Productos Naturales (CEPN). (3 de 6 de 2015). Biobras - 16. La Habana, La Habana, Cuba.
- Davies, F., Olalde, P., Alvarado, M., Escamilla, H., Ferrera-Cerrato, R., & Espinosa, J. (23 de 6 de 2000). Alleviating phosphorus stresses of chiles ancho pepper (*Capsicum annuum* L.) by Arbuscular mycorrhizal inoculation. San Luis, Petén, Guatemala.
- De Grazia, J., Tittonell, P., & Chiesa, A. (2006). Efecto de sustratos con compost y fertilización nitrogenada sobre la fotosíntesis, precocidad y rendimiento de pimiento (*Capsicum annuum*). *Ciencia e Investigación Agraria*, 196 - 204.
- Despestre Manso, T. (2009). *Guía Técnica para la producción del cultivo del pimiento*. La Habana: Biblioteca ACTAF.
- Dogliotti, S. (7 de 6 de 2009). Ecofisiología de los cultivos de tomate y pimiento. Badajoz, Extremadura, España.
- Fernández Zábala, M. (2003). *Evaluación agronómica de sustancias húmicas derivadas de humus de lombriz*. Santiago de Chile: Universidad Católica de Chile.
- Grajales, F. (2012). *Biofertilización de plantas de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) con rizobacterias del género *Pseudomonas* en invernadero*. Veracruz: Universidad Veracruzana.

- infoAgro. (16 de 10 de 2013). *infoAgro*. Recuperado el 12 de 1 de 2016, de infoAgro: [www@infoAgro.com](http://www.infoAgro.com)
- ITIS. (1 de 1 de 2011). *Catalogue of life: 2011 Anual Checklist*. Recuperado el 13 de 2 de 2016, de Catalogue of life: 2011 Anual Checklist: <http://127.0.0.1:4001/>
- Jiménez, D., Virgen, C., Tabares, S., & Olalde, P. (2001). Bacterias promotoras del crecimiento de plantas: agro - biotecnología. *Avance y perspectiva*, 395 - 400.
- López, R., & et al. (2002). Estudio de Abonos Fermentados y Bioestimulantes de tipo Biomasa en el cultivo del Rabanito (*Raphanus sativus*, Lin), variedad "Scarlet globe". *Cuaderno de Fitopatología*(74).
- Ministerio de la Agricultura (MINAG). (2014). *Manual práctico para el uso y manejo de los bioproductos por los productores agropecuarios*. La Habana: MINAG.
- Mohammed, E. (28 de 6 de 2005). El cultivo del pimiento (*Capsicum annum* L.) en la región de Murcia y los efectos nocivos del uso de Bromuro de Metilo (II). Murcia, Región de Murcia, España.
- Montano, R. (2005). FitoMas - E, bionutriente derivado de la Industria Azucarera. *Primer Taller de Producciones Agrícolas*. La Habana.
- Montes, S., Heredia, E., & Aguirre, J. (2004). Fenología del cultivo del chile (*Capsicum annum* L.). *Primera Convención Mundial del Chile*, (págs. 43 - 48).
- Moya, J. C. (31 de 10 de 2012). Como hacer Microorganismos Eficientes? San Ramón, Alajuela, Costa Rica.
- Narcia Castillejos, R. (2007). *Aplicación de Miyamino Pentatoato en el crecimiento de tres cultivares de chile pimiento morrón (Capsicum annum L.) en invernadero*. Saltillo: Universidad Autónoma Agraria " Antonio Narro ".
- Nishikawa, T. (2011). Guía de la Tecnología de EM. *EMPROTEC*.
- Nuez, F., Gil, R., & Costa, J. (2003). *El cultivo de pimientos, chiles y ajíes*. Madrid: Mundi - Prensa.
- Ramírez, S. (2010). *Diferentes densidades de siembra para híbridos de pimiento en la provincia del Guayas*. Guayaquil: Universidad de Guayaquil.
- Rolli, U. (2010). Microorganismos Efectivos en la agricultura. *Ecologic maintenances*, 1 - 5.

- Salgado, L. (2009). Tecnología de Microorganismos Eficaces (EM). *Ecotecnologías*, 1 - 5.
- Santiago Suárez, R., & García Bodes, O. (2013). Momento de aplicación del Biobrás-16 en la producción de posturas de tabaco (*Nicotiana tabacum*, Lin.), variedad habana 92. *Innovación Tecnológica*.
- Serrano Cermeño, Z. (2011). *Prontuario del cultivo del pimiento*. Madrid: Mundi - Prensa.
- Torres, S. (6 de 4 de 2005). Clasificación y papel de los nutrientes minerales. Santa Clara, Villa Clara, Cuba.
- Valle Mendoza, J. C. (2010). *Acumulación de biomasa, crecimiento y extracción nutrimental en pimiento morrón (Capsicum annum L.)*. Chapingo: Universidad Autónoma de Chapingo.
- Vera, A. (2002). Manejo de la solución nutritiva y diagnóstico en cultivos sin suelo. *Vida Rural*, 48 - 54.
- Vidal, J. L. (2005). *Efectos del factor térmico en el desarrollo y crecimiento inicial de pimiento (Capsicum annum L.) cultivado en campo*. Tucumán: Universidad Nacional de Tucumán.
- Yu, J. (2004). A role for brassinosteroids in the regulation of photosynthesis in *Cucumis sativus*. *Journal of Experimental Botany*, 135 - 1143.
- Yumar Gonzáles, J., & Capote Briel, S. El uso y manejo de los Bioestimulantes FitoMas - E y Biobras - 16 en la CCSF Niceto Pérez.
- Yumar González, J., & Capote Briel, S. (2 de 12 de 2014). El uso y manejo de los bioestimulantes FitoMas - E y Biobras - 16 en la CCSF Niceto Pérez. Güira de Melena, Artemisa, Cuba.
- Zapata, M. (2002). *Manual de horticultura*. Madrid: Mundi - Prensa.