

UNIVERSIDAD DE HOLGUÍN
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

Trabajo de Diploma

Evaluación del efecto de diferentes dosis de FitoMas E y Microorganismos eficientes en *Lactuca sativa* L. (lechuga) en el Organopónico Villa Nueva, municipio Holguín

Tesis en opción al Título de Ingeniero Agrónomo

Autora: Leticia Nieblas Labrada

Tutores: MSc. Eddie Batista Ricardo

MSc. Hubert Rodríguez García



Holguín. 2016

PENSAMIENTO

“No progresas mejorando lo que ya está hecho, sino esforzándote por lograr lo que aún queda por hacer”

Albert Einstein

DEDICATORIA

A mi familia, especialmente a mis padres.

A mis amigos, todos, gracias por ser mi familia también.

A los que me han dado apoyo y comprensión en esta etapa de mi vida.

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme fuerzas todos los días

A mi familia por su apoyo incondicional

*A mis tutores por no rendirse conmigo y animarme a seguir
adelante todo el tiempo*

*A todos los profesores del departamento por su contribución a mi
formación*

*A los trabajadores del Organopónico de Villa Nueva, por su
apoyo y comprensión*

*A los especialistas del Laboratorio de Sanidad Vegetal por toda
su ayuda incondicional.*

*A mis amigos, por ser un pilar de apoyo en los momentos difíciles
y a mi novio Ernesto por estar ahí para mí.*

GRACIAS

RESUMEN

El experimento se desarrolló en el organopónico Villa Nueva, perteneciente a la granja urbana, municipio Holguín, durante los meses de febrero a abril del 2015, con el objetivo de evaluar el efecto de la aplicación de diferentes dosis de FitoMas E y Microorganismos eficientes en *Lactuca sativa* L. (lechuga). Se utilizó la variedad Black Seeded Simpson (BSS- 13), con un diseño de bloques al azar con 6 tratamientos y tres repeticiones. Los tratamientos consistieron en, T1 el (testigo), T2 (FitoMas E 0,07 mL.m⁻²), T3 (FitoMas E 0,09 mL.m⁻²) T4 (Microorganismos eficientes 0,09 mL.m⁻²), T5 (Microorganismos eficientes 0,11 mL.m⁻²) y T6 (FitoMas E 0,07 mL.m⁻²) + Microorganismos eficientes (0,09 mL.m⁻²), aplicada a los tres y quince días después del trasplante. Se evaluaron parámetros del crecimiento: diámetro del tallo, longitud de las raíces, ancho, largo, número de las hojas por plantas, peso por planta y rendimientos, además una valoración económica de los resultados. Los datos obtenidos fueron procesados por el paquete estadístico SYSTAT-12, Versión No. 6.0 sobre Windows. 12.02.00. 2007 a los cuales se les realizó un análisis de varianza donde se realizó la prueba de comparación múltiple de medias de Tukey para una significación de $p \leq 0,05$. Los resultados mostraron respuesta de la mayoría de las dosis a los parámetros del crecimiento y el peso de las plantas de lechuga, destacándose la dosis de 0,11 mL.m⁻² de Microorganismos eficientes , con la cual se obtuvieron los mayores resultados productivos y económicos, con un rendimiento de 5,82 kg.m⁻² y la mayor eficiencia económica.

ABSTRACT

The experiment was developed in Villa Nueva's greenhouse, belonging to the urban farm, municipality Holguin, during the months of February to April 2015, with the objective to evaluate the effect of the application of different quantity of FitoMas E and efficient Microorganisms in the performance *Lactuca sativa* L. (lettuce). Black Seeded Simpson variety (BSS- 13) was used with at random block design with 6 treatments and three repetitions. The treatments, T1 (control), T2 (FitoMas E 0,07 mL.m⁻²), T3 (FitoMas E 0,09 mL.m⁻²) T4 (efficient Microorganisms 0,09 mL.m⁻²), T5 (efficient Microorganisms 0,11 mL.m⁻²) and T6 (FitoMas E 0,07 mL.m⁻²) + efficient Microorganisms (0,09 mL.m⁻²), applied to the third and fifteenth days after transplantation. It evaluated parameters of growth: stem diameter, root length, width, and length, number of leaves per plant, weight and yield per plant, beside an economic assessment of the results. The data were processed by statistical package SYSTAT-12 Version No. 6.0 on Windows. 12.02.00. 2007, all of them earned an analysis of variance where the multiple comparison test of Tukey was accomplished to a meaning of $p \leq 0.05$. The results showed response of most of the doses to the parameters of growth and weight of lettuce plants, outstanding the dose of 0,11 mL.m⁻² of effective microorganisms where the major productive and economic results were obtained, with a yield of 5,82 kg.m⁻² and a bigger economic efficiency.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
I. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	5
1.1. Generalidades del cultivo <i>Lactuca sativa</i> , L. (lechuga)	5
1.2. Características botánicas y fisiología del cultivo	6
1.3. Características de las principales variedades de lechuga	7
1.4. Valor nutricional y beneficios de la lechuga.....	7
1.5. Exigencias ecológicas	10
1.6. Agricultura ecológica.	10
1.7. Aspectos generales del bionutriente FitoMas E	11
1.8. Microorganismos eficientes	16
1.9. Otros microorganismos benéficos para las plantas	22
II. MATERIALES Y MÉTODOS	26
2.1. Localización del estudio.	26
2.2. Preparación del área y siembra.....	26
2.3. Diseño del experimento.....	26
2.4. Labores agrotécnicas	27
2.5. Indicadores evaluados:.....	28
2.6. Valoración económica de los resultados	29
2.7. Análisis estadístico de los datos.....	30
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
3.1. Resultados de la evaluación de parámetros del crecimiento.....	31
3.2. Resultados de los parámetros del rendimiento	35
3.3. Valoración económica de los resultados	38
CONCLUSIONES	39
RECOMENDACIONES	40
ANEXOS	43

INTRODUCCIÓN

En Cuba, como en el resto del mundo, cada día se potencia el cultivo de las hortalizas, sobre todo en las modalidades de la agricultura urbana y suburbana, con la cual se busca garantizar el suministro de hortalizas frescas a los consumidores; entre estos cultivos, la lechuga (*Lactuca sativa L.*) juega un papel importante dentro de las rotaciones de cultivos que se planifican, tanto en organopónicos, como en los huertos intensivos, contribuyendo de manera significativa a los rendimientos obtenidos en cada año productivo (Huerres, 1988). La lechuga es hoy conocida y cultivada en todo el mundo, siendo la más importante entre las hortalizas de hojas que se comen crudas. En Cuba se cultiva en todas las regiones. Su importancia está determinada por su contenido de vitaminas, pues posee de 15 a 25 mg % de vitamina C, aunque pocas cantidades de las vitaminas A, B y B1 y por contener sales minerales de fácil absorción por el organismo humano y sobre todo por ser rica en hierro (Giacconi *et al.*, 1993).

Es, así mismo, importante para el agricultor porque, además de su rápido ritmo de crecimiento, rápida maduración, el diferente comportamiento de las variedades a la duración del día y al balance térmico; su producción puede ser obtenida durante todo el año según (Machado, 2006).

La importancia del cultivo de la lechuga ha ido incrementándose en los últimos años, debido tanto a la diversificación de variedades como al aumento del consumo por muchos países del mundo. En el año 2003 China obtuvo producciones de 8.005.000 t, Estados Unidos con más de 4.352.740 t, España con 914.900 t, Japón con 560.000 y Francia con 433.400 t.

En Cuba se obtienen producciones variables desde 20 t.ha⁻¹ a 30 t.ha⁻¹ (MINAGRI, 2009). Según informes de la subdelegación de cultivos varios de la provincia de Holguín, los rendimientos en los años 2012, 2013 y 2014 fueron bajos y oscilaron entre 12,1 t. ha⁻¹ a 15,3 t. ha⁻¹.

La obtención de altos rendimientos en el cultivo de las hortalizas en los últimos años se ha visto limitada por diferentes factores entre los que podemos citar: bajo porcentaje de áreas bajo riego y deficiente explotación, limitada existencia de técnicas eficientes de riego, incidencia de plagas y enfermedades, suelos

erosionados, cortos periodos de precipitaciones y mal distribuidas en tiempo y espacio, además de contar con pocos insumos para la fertilización (Machado, 2006). Por lo que es necesario la búsqueda de nuevas tecnologías para la obtención de rendimientos superiores a las 18 t ha⁻¹, sin la utilización de fertilizantes minerales que económicamente resultan costosos y su uso excesivo y continuo afecta de cierta forma los suelos y el medio ambiente, por lo que es necesario un uso racional y eficiente de estos.

Es por esto que en los últimos años se ha producido un significativo incremento en la producción y comercialización de nuevos insumos agrícolas, elaborados y desarrollados por diversas empresas nacionales e internacionales para su aplicación en los cultivos de importancia económica, con el fin de obtener incrementos en las cosechas, con riesgo mínimo de contaminación ambiental (Casanova, 2003).

En la actualidad son reconocidos bioestimulantes y bionutrientes con mecanismo de acción semejante a las hormonas clásicas tales como: BB-16, DI-43, BB-6, MI-1, Liplant, Enerplant, CTA, Baifolan Forte, FitoMas E y Pectimorf, los cuales resultan muy efectivos, presentan bajo costo de producción lo que favorece su uso en múltiples estudios (Del Toro, 2010).

Uno de los bionutrientes que más se usa es el FitoMas E tanto en el sector estatal como en el privado debido a la accesibilidad que tienen los productores a este producto y sus funciones estimuladoras, el Instituto Cubano de Investigaciones en Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA), institución creadora del FitoMas E está responsabilizado con la síntesis de 100 000 litros de FitoMas E con una fase inversionista por decisión del Consejo de Estado, con el fin de incrementar aceleradamente la producción hasta 3 millones de litros al año (ICIDCA, 2006).

Este producto es un compuesto orgánico elaborado por el Instituto Cubano de Investigaciones en Derivados de la Caña de Azúcar a partir de materiales proteicos, con aminoácidos, carbohidratos, péptidos de bajo peso molecular y minerales asociados a las cadenas orgánicas, contiene sólo sustancias propias del metabolismo vegetal que como es de esperar propician una mejoría apreciable del intercambio suelo-planta, ya que el vegetal tratado mejora la cantidad y calidad de los nutrientes que traslada al suelo mediante sus raíces, lo cual beneficia a los

microorganismos propios de su rizosfera los que en esas condiciones incrementan a su vez el intercambio de productos de su metabolismo útiles al vegetal (Montano, 2008).

Otra alternativa de fertilización lo constituyen los Microorganismos eficientes (EM o ME) desarrollados en la década de los 70, por el profesor Teruo Higa de la Facultad de Agricultura de la Universidad de Ryukyus en Okinawa, Japón, como alternativa para los fertilizantes químicos y pesticidas.

Actualmente, estos microorganismos son usados en más de 120 países, comercializados como EM-1 y existen 54 fábricas alrededor del mundo. Más de 30 Centros de Investigación distribuidos alrededor del mundo están todos los días creando y analizando nuevas alternativas para incrementar y expandir todavía más el rango de uso de la Tecnología. Además, estos microorganismos tienen dos vías de aporte, la exclusión competitiva de otros microorganismos que son nocivos y la producción de subproductos beneficiosos que promueven la salud del medio ambiente como enzimas, ácidos orgánicos, aminoácidos, hormonas, y antioxidantes (Hurtado, 2001; Higa, 2002 y Moya, 2012).

En nuestro país se han realizado estudios en varios cultivos evaluando diferentes dosis de estos bioproductos, pero aún los resultados no son conclusivos, por lo cual se debe continuar las experimentaciones para buscar alternativas eficientes y sostenibles (Bioestimulantes y biofertilizantes) que garanticen incrementar las producciones en los cultivos de interés económico.

Lo antes planteado constituye la situación problemática de la investigación por lo que se propone como **problema científico**: ¿Cuál será el efecto de la aplicación de diferentes dosis de FitoMas E y Microorganismos eficientes en el desarrollo vegetativo y el rendimiento del cultivo *Lactuca sativa* L. (lechuga) en el organopónico Villa Nueva del municipio Holguín?

Hipótesis

Si se evalúa el efecto de diferentes dosis de FitoMas E y Microorganismos eficientes en *Lactuca sativa* L. (lechuga) en el organopónico Villa Nueva, determinando parámetros del crecimiento y rendimientos del cultivo, podremos incrementar los rendimientos y resultados económicos en el mismo.

Objetivo General

Evaluar el efecto de diferentes dosis de FitoMas E y Microorganismos eficientes en *Lactuca sativa* L. (lechuga) en el organopónico Villa Nueva del municipio Holguín.

Objetivos específicos

1. Determinar el efecto de diferentes dosis de FitoMas E y Microorganismos eficientes en el crecimiento y los componentes del rendimiento de *Lactuca sativa* L. (lechuga).
2. Seleccionar la dosis de FitoMas E y Microorganismos eficientes de mayor efectividad en *Lactuca sativa* L. (lechuga) en las condiciones estudiadas.
3. Valorar desde el punto de vista económico los resultados de la investigación.

I. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Para el correcto desarrollo de una investigación, es necesaria una base teórica que evidencie los principales aspectos a abordar en la misma. De esta manera se garantiza una familiarización del investigador con el tema a desarrollar. Son de gran importancia temas como las generalidades del cultivo de la lechuga, características de las principales variedades, puntualizando la variedad en estudio, aspectos del biofertilizante FitoMas E y los Microorganismos eficientes para un incremento en cuanto a calidad y cantidad de las producciones de lechuga en la provincia de Holguín a través del análisis del comportamiento de este cultivo en la entidad objeto de estudio.

1.1. Generalidades del cultivo *Lactuca sativa*, L. (lechuga)

El nombre genérico *Lactuca* procede del latín *lactis* (leche). Tal etimología refiere al líquido lechoso (o sea, de apariencia "*láctea*") que es la savia que exudan los tallos de esta planta al ser cortados. El adjetivo específico *sativa* hace referencia a su carácter de especie cultivada (Sanders, 2001).

Lactuca sativa L. (lechuga), es una hortaliza consumida a escala mundial y cuyo cultivo se ha extendido de forma asombrosa. Algunos sitúan su origen en Asia, a partir de la especie *Lactuca* se duda, no obstante de donde se localiza su origen en el pasado, puesto que algunos investigadores sitúan su punto de partida de la India mientras que otros expertos señalan a la cuenca mediterránea, siendo esta la opción con la que coinciden la mayor parte de los estudiosos y es que la primera prueba de la existencia de esta verdura, datan en 4500 años de antigüedad, están en la decoración de las tumbas egipcias, donde se representaba esta famosa hortaliza (Infoagro, 2007 y Guenkov, 1974).

Algunas fuentes señalan que procede de la India, aunque hoy día los botánicos no se ponen de acuerdo, por existir un seguro antecesor de la lechuga, *Lactuca scariola* L., que se encuentra en estado silvestre en la mayor parte de las zonas templadas. No se conoce con exactitud cómo fue propagada por el mundo; a América fue traída cierto tiempo después del descubrimiento y se difundió por todos los países y hasta los momentos actuales tiene un consumo amplio. Se desconoce cuándo fue introducida a Cuba, pero, tanto antes como después de la Revolución, ha sido una

de las hortalizas de más amplio consumo por la población del país. (Huerres & Caraballo, 1996). La lechuga es una hortaliza pobre en calorías, aunque las hojas exteriores son más ricas en vitamina C que las interiores. Se encuentra ampliamente cultivada en todo el mundo, presentando numerosas variedades, algunas veces aparece de forma silvestre.

1.2. Características botánicas y fisiología del cultivo

1.2.1. Taxonomía

- División: *Magnoliophyta*.
- Subdivisión: *Magnoliophytina*.
- Clase: *Magnoliopsida*
- Orden: *Asterales*.
- Familia: *Asteraceae*.
- Género: *Lactuca*.
- Especie: *Lactuca sativa*, L.

*Fuente: Infoagro 2007

1.2.2. Aspectos fisiológicos del cultivo

La lechuga es una planta de ciclo anual y corto; después del trasplante, en dependencia de la variedad y la época, este puede ser de 40 a 50 días. Se han planteado las siguientes fases de crecimiento y desarrollo.

- De germinación de la semilla a la formación de las 2 a 3 primeras hojas que pueden durar aproximadamente 20 días (momento del trasplante)
- De recuperación de la planta e inicio de la formación de la roseta de hojas, caracterizada por un lento desarrollo y emisión de nuevas hojas
- De formación de la roseta de hojas y formación del repollo inferior, fase en la cual se produce la máxima acumulación de materia seca, aunque existe otro periodo de mayor acumulación cuando el tallo se alarga para transformarse en tallo floral.

El desarrollo de la roseta y el repollo inferior de hojas hasta la cosecha.

Las diferentes fases por las que pasa este cultivo, se producen en cortos intervalos de días, ya que su ciclo es corto.

En nuestras condiciones la floración se produce rápidamente debido a que los meses en que se cultiva son los de temperaturas más frescas y al final del ciclo coincide con

el alargamiento de las horas de luz y la elevación de las temperaturas, todo lo cual contribuye a la transformación de las yemas vegetativas en generativas (Huerres & Caraballo, 1996).

1.3. Características de las principales variedades de lechuga

- Beluga: de cogollos apretados y densos, semejantes a la col; carece casi por completo de sabor, pero goza de amplio uso por su crujiente textura y la facilidad para cortarla finamente. Es la variedad más habitual en las regiones donde no se da naturalmente la lechuga, puesto que puede cultivarse en tanques hidropónicos
- Romana: de cogollo largo, con hojas aproximadamente lanceoladas, menos gruesas que la *iceberg*, pero gruesas y crujientes. Se la conoce en España como *oreja de mulo*
- Fomento 95: variedad de hojas sueltas de color verde claro. A los 22 ó 27 días después del trasplante se puede cosechar. Es muy susceptible a *Rhizoctonia*. Se puede sembrar durante todo el año (Huerres & Caraballo, 2006 y Rodríguez *et al.*, 2007)
- Black Seeded Simpson: raíz principal puede llegar a profundizar hasta 1,2 cm, las hojas son generalmente son sésiles, algunas lisas y otras rugosas pueden ser de color verde claro hasta el morado, el tallo alcanza una longitud entre 10-15 cm, (Casanova *et al.*, 2003). Las semillas son alargadas y muy pequeñas
- BSS- 13: es similar a la Black Seeded Simpson, pero con gran adaptación a las condiciones del país. Desarrolla una roseta de color verde claro, es de textura suave, alcanza una altura de 22-28 cm y un diámetro de 19-48 cm, con un peso promedio de 350 g. Su ciclo económico es de 60-80 días, con un período de siembra de octubre a febrero y óptimo de noviembre a enero. Está adaptada a nuestras condiciones ambientales y producen semillas con alta calidad. (Moertense & Bullard, 1985).

1.4. Valor nutricional y beneficios de la lechuga

La lechuga contiene 95 % de agua. Además, contiene vitamina A que ayuda a mantener la piel sana; contribuye a la función visual y en la diferenciación de las células; es probable que ayude a prevenir algunos tipos de cáncer y sus derivados se

emplean en sus tratamientos (Wien, 1997 y Shannon, 2011). Sus nutrientes más importantes son: la vitamina A y el potasio. La vitamina A proviene del beta caroteno, del cual no se ve su color amarillo-naranja que está escondido por los pigmentos verdes de la clorofila. El beta caroteno, se convierte en vitamina A en el cuerpo. El color verde oscuro es indicador de que contiene más beta caroteno.

Tabla 1: Valor nutricional de la lechuga en 100 g de sustancia

Componentes	Cantidad
Carbohidratos	20,1g
Proteínas	8, 4 g
Grasas	1,3 g
Calcio	0, 4 g
Fósforo	138,9 mg
Vitamina C	125,7 mg
Hierro	7,5 mg
Niacina	1,3 mg
Riboflavina	0,6 mg
Tiamina	0,3 mg
Vitamina A	1155 U. I
Calorias	18 Cal

*Fuente: Infoagro 2007

De acuerdo al Instituto Americano del Cáncer y la Sociedad Americana del Cáncer, los alimentos ricos en vitaminas A y C (antioxidantes) ofrecen protección contra el cáncer del sistema respiratorio y el tracto intestinal (MINAGRI, 2000).

1.4.1 Exigencias nutricionales

Las necesidades de nitrógeno (N) aproximadas durante todo el ciclo son de 90 a 100 kg.ha⁻¹. Estas cantidades se deben suministrar durante todo el ciclo del cultivo y nunca en una sola oportunidad, en dosis superiores a los 60 kg.ha⁻¹ de N. Para el diseño del plan de fertilización nitrogenado, se debe tener en cuenta el aporte de N del suelo, determinado a través de un muestreo y posterior análisis de laboratorio (Marschner, 1995). La estrategia de fertilización debe cubrir aquella cantidad de N que la oferta edáfica no es capaz de proveer. Con respecto al potasio (K), su absorción se encuentra relacionada con el nivel de magnesio (Mg) y calcio (Ca), ya que un exceso de aquel, reduce la absorción de Ca y Mg. Los aportes de K en cultivos al aire libre se pueden fraccionar, pero no deben superar la dosis de 200

kg.ha⁻¹ por aplicación. En cultivos de lechuga en invernáculo, con producciones entre 60 y 65 t. ha⁻¹, se requieren alrededor de 200 a 350 kg.ha⁻¹ de K₂O (Leja *et al.*, 1994).

El criterio de fertilización potásica es distinto al del N, debido a la menor movilidad de este nutriente en el suelo. Es difícil acceder a umbrales que se adapten a la gran variación de condiciones de manejo y ambientes de producción hortícola. En el caso de efectuar abonaduras con estiércoles u otros compuestos de origen orgánico, es importante considerar el aporte de nutrientes, que si bien es bajo en relación a las cantidades usualmente empleadas (25 a 30 t.ha⁻¹) forma parte de la oferta de nutrientes al sistema (Sorensen *et al.*, 1994).

1.4.2. Importancia de los principales elementos.

En cultivo de hortaliza, en este caso la lechuga requiere para su normal desarrollo de los principales nutrientes:

- Nitrógeno: La cantidad de nitrógeno requerido depende en gran medida de las condiciones climáticas. En condiciones de temperaturas bajas y alta intensidad luminosa, requiere una mayor cantidad de este elemento. Su deficiencia se manifiesta en un crecimiento raquítrico de la planta, demora en la formación del repollo, baja calidad de ese, siendo más duro y áspero, las hojas de color verde pálido y las más viejas amarillean y caen. Su exceso puede provocar incremento de la susceptibilidad de las plantas a las pudriciones (Leja *et al.*, 1994 y Sady 1995).
- Fósforo: La planta requiere el fósforo para lograr un buen desarrollo integral, cuando hay deficiencias se produce enanismo, las hojas adquieren un color verde opaco y las más viejas amarillas o pardas y mueren temprano
- Potasio: Influye en la calidad y maduración del repollo. Su exceso puede provocar una notable consistencia en el repollo, pero las hojas son de pequeño tamaño, su deficiencia ocasiona reducción del repollo, aunque la roseta de hojas puede alcanzar un gran desarrollo, hojas con color oscuro y las más viejas quemaduras de color pardo que comienzan en los bordes y puede extenderse a todo el limbo

- Calcio y Magnesio: Influyen también en el desarrollo y en la calidad. La deficiencia de calcio se manifiesta por bordes rizados y quemados en las hojas jóvenes, el magnesio se presenta por clorosis en mosaico en las hojas viejas (Prause & Ferrero, 1992).

1.5. Exigencias ecológicas

Temperatura: la lechuga es una planta que en sus diferentes fases de crecimiento y desarrollo responde a la interacción de la luz y la temperatura. El óptimo de temperatura para el mejor desarrollo de la lechuga va de 16 a 22 °C y tiene gran dependencia, depende de la iluminación; en días soleados es aproximadamente de 20 a 22 °C y en días nublados, 15 a 16°C. Para el crecimiento de las hojas y formación del repollo está entre 16 y 21°C, y para el tallo floral y los órganos generativos, alrededor de 20 y 22 C (Casanova, 2003)

Luz: es una planta de días largos, exigente a la intensidad de la luz. Con poca iluminación las hojas son delgadas y si se forma la roseta de hojas y el repollo, son muy sueltas

Humedad del suelo: es una planta muy exigente a la humedad del suelo pues su sistema radical está situado superficialmente y tiene poca capacidad de absorción. Investigaciones han demostrado que la humedad más adecuada es del 60 al 70 % de la capacidad de campo

Suelos: las plantas de esta especie se desarrollan bien en diferentes suelos, sobre todo si estos son ricos en nutrientes, de buena estructura y buena retención de humedad

pH: cuando el pH es ligeramente ácido, por ejemplo, entre 5,8 y 6,5, las plantas se desarrollan mejor y su rendimiento aumenta.

1.6. Agricultura ecológica.

Según Altieri (1997), la agroecología se refiere al estudio de fenómenos netamente ecológicos dentro del campo de cultivo, tales como relaciones depredador/presa o competencia de cultivo/maleza. La agroecología es una ciencia que proporciona normas para comprender la naturaleza de los agroecosistemas y los principios por los cuales funcionan. Esta proporciona igualmente los principios ecológicos básicos para el estudio, diseño y manejo tanto productivos como de conservación de los

recursos naturales y que sean al mismo tiempo culturalmente sensibles, socialmente justos y económicamente viables.

Por otra parte, Harborn, (1993) define la Agroecología como la aplicación de los conceptos y principios ecológicos al diseño y manejo de los sistemas alimentarios sostenibles. Esta práctica se ha convertido en la disciplina que proporciona los principios ecológicos básicos para estudiar, diseñar y administrar agroecosistemas alternativos que afectan no sólo a los aspectos ecológico-ambientales de la crisis de la agricultura moderna, sino también a los aspectos económicos, sociales y culturales (Altieri, 1995 y FAO, 1998).

1.6.1. Principios generales de la agricultura ecológica

- Producir alimentos de la máxima calidad nutritiva, sanitaria y organoléptica en suficiente cantidad
- Mantener o incrementar la fertilidad del suelo a largo plazo
- Utilizar al máximo los recursos renovables de los agroecosistemas, optimizando los recursos locales, buscando un elevado nivel de autosuficiencia en las materias primas
- Conservar los recursos naturales y genéticos, preservado las especies y cultivar variedades autóctonas y, en general, la diversidad biológica tanto agrícola como silvestre
- Proporcionar al ganado unas condiciones de vida que le permita desarrollar los aspectos básicos de su comportamiento innato
- Evitar al máximo todas las formas de contaminación que puedan derivarse de las prácticas agrarias
- El aprovechamiento y potenciación de todos los procesos y equilibrios naturales de los agroecosistemas, fomentando y estimulando los ciclos geobiológicos (Altieri, 2005)

1.7. Aspectos generales del bionutriente FitoMas E

En los últimos años se ha producido un significativo incremento en la producción y comercialización de nuevos insumos agrícolas, elaborados y desarrollados por diversas empresas nacionales e internacionales para su aplicación en los cultivos, con el fin de obtener incrementos en las cosechas, con riesgo mínimo de

contaminación ambiental. Desde el año 2005 el MINAZ ha desarrollado planes de generalización de los bioestimulantes, FitoMas E Enerplant y Vitazyme en caña de azúcar y desde el 2006 se ha puesto en práctica en hortalizas (Mineiro, 2002).

Según el Instituto Cubano de Investigaciones en derivados de la Caña de Azúcar ICIDCA, (2006), el FitoMas E es un compuesto orgánico elaborado a partir de materiales proteicos, con aminoácidos, carbohidratos, péptidos de bajo peso molecular y minerales asociados a las cadenas orgánicas. Su composición en aminoácidos es 50 % alifáticos y 30 % aromáticos y heterocíclicos, como ácidos aspártico y glutámico, alanina, arginina, fenilalanina, glicocola, hidroxiprolina, metionina, prolina, serina, treonina, histidina, tiroxina y triptófano. Contiene hasta 7 por ciento de carbohidratos. Se formula como líquido soluble al 20 % o LS 20 (Zuaznábar, 2005).

Según Yumar, (2007) se clasifica como un bioestimulante, dentro del grupo de aminoácidos y oligopéptidos, cuyo modo de acción es: como factor de transcripción extracelular (estimulación de ARN mensajero), sobre la síntesis de proteínas, mediante ahorro de energía, y en los que actúa como maduradores, como transportador de sacarosa a través de membranas celulares.

El FitoMas E es un formulado acuoso, estable, que contiene “fotosintatos”, estructuras bioquímicas (aminoácidos, oligosacáridos, bases nitrogenadas y otras), normalmente sintetizadas por las especies botánicas a las que pertenecen las plantas de cultivo, estos fotosintatos a través de la intensidad lumínica por fotosíntesis son fijados en las hojas y translocados por el tallo hacia las raíces liberando microorganismos productores de sustancias útiles que estimulan la nutrición, crecimiento, floración, fructificación, germinación y enraizamiento, además de su acción antiestrés en casos de sequía, exceso de humedad, fitotoxicidad, desequilibrios nutricionales, salinidad, plagas y enfermedades, daños mecánicos (vientos fuertes, podas, trasplantes, etc.) (Quealta, 2010).

Modo de acción: las vías más utilizadas para promover la defensa y la adaptación al entorno en el reino vegetal involucran la síntesis bioquímica de diversas sustancias que conforman miles de estructuras químicas diferentes. Esto constituye una real,

aunque no evidente defensa química, cuyo despliegue se nos revela actualmente gracias al empleo de las más modernas técnicas analíticas (Rodríguez, 2011).

Estas sustancias son elaboradas por las plantas como respuesta a presiones estresantes resultado de alteraciones bióticas y abióticas, como ocurre cuando las plantas deben adaptarse a situaciones estresantes de su entorno, tales como sequía o exceso de humedad, temperaturas extremas, daños mecánicos por trasplantes o vientos fuertes y suelos salinizados o contaminados con sustancias químicas o metales pesados (Pupo, 2012).

Para cumplir este cometido las plantas movilizan gran cantidad de recursos los cuales desvían de su metabolismo principal. El costo de tal actividad, medido en términos de CO₂ fotosintético, es lo suficientemente elevado como para repercutir en el rendimiento en la mayoría de los cultivos. Por ejemplo, para sintetizar un gramo de un terpenoide, alcaloide o compuesto fenólico, tres de las estructuras químicas de defensa más frecuentes en las plantas superiores, es necesario invertir como promedio, seis gramos de CO₂ fotosintético, cantidad esta que resulta onerosa para el desempeño de la mayor parte de los cultivos.

En este proceso las plantas de cultivo llevan las de perder si se comparan con sus parientes “rústicos”, pues se encuentran fuertemente limitadas para expresar su potencial defensivo debido a la ausencia en calidad, oportunidad o cantidad de los elementos bioquímicos estructurales básicos que esta actividad demanda (Rodríguez, 1984).

Los aminoácidos, péptidos, bases nitrogenadas y oligosacáridos, son estructuras básicas que sirven, a manera de bloques o ladrillos, como unidades para construir, desde el RNA celular, otras sustancias más complejas tales como vitaminas, enzimas y otras estructuras químicas esenciales en la adaptación y la defensa antiestrés. Es por tanto razonable suponer, como hipótesis, que la diferencia entre las plantas rústicas y las domesticadas puede compensarse, hasta cierto punto, si suministramos a estas últimas las sustancias intermediarias deficitarias (Sen, 1991).

Este es el aporte principal asociado al producto FitoMas -E, una novedosa forma de afrontar el problema que permite que las plantas de cultivo recuperen, por lo menos parcialmente, la rusticidad de la que la selección antrópica las despojó.

Este bionutriente no contiene hormonas de crecimiento, ni sustancias estimuladoras ajenas a la planta. Tampoco microorganismos fijadores o solubilizadores de nutrientes, simbióticas o asociados, de ninguna clase. Contiene sólo sustancias propias del metabolismo vegetal que, como es de esperar, propician una mejoría apreciable del intercambio suelo-planta, ya que el vegetal tratado mejora la cantidad y calidad de los nutrientes que traslada al suelo mediante sus raíces, lo cual beneficia a los microorganismos propios de su rizosfera los que en esas condiciones incrementan a su vez, el intercambio de productos de su metabolismo, útiles al vegetal. Son estos microorganismos, estimulados a la acción por el propio vegetal, provisto ahora de gran parte de su arsenal bioquímico, los que elaboran las hormonas, ácidos orgánicos solubilizadores de nutrientes y agentes quelantes, que hacen crecer a la planta y mejoran su comportamiento (ICIDCA, 2006).

Tabla 2. Composición del FitoMas E

COMPONENTE	GRAMOS/LITRO	% PESO/ PESO
Extracto orgánico	150	13
N total	55	4,8
K ₂ O	60	5,24
P ₂ O ₅	31	2,7

*Fuente: (ICIDCA 2006)

Dosificación: se aplica en dosis desde 0,1 a 2,0 l/ha⁻¹ según el cultivo, por vía foliar, siempre disuelto en agua hasta completar de 200 a 300 l/ha⁻¹ de volumen final. Cuando se remojan semillas para la germinación la disolución puede ser desde 1 % hasta 2 % en el agua de remojo. Cuando se aplica por riego las dosis pueden ser del orden de los 5 l/ha⁻¹. La frecuencia es variable, aunque una sola aplicación durante el ciclo suele ser muy efectiva (ICIDCA, 2006).

Momento y técnica de aplicación: se puede aplicar en cualquier fase fenológica del cultivo; típicamente se puede remojar la semilla, tanto botánica como agámica durante 2 ó 3 horas antes de llevarla al semillero, se puede realizar una aplicación después del trasplante y durante la etapa de crecimiento vegetativo. También puede aplicarse antes de la floración y después de esta y/o al comenzar la fructificación. Se debe aplicar especialmente cuando la plantación ha sufrido ataques de plagas o enfermedades, o atraviesa una etapa de sequía o sufre por exceso de humedad o daño mecánico por tormentas, granizadas o ciclones (Queralta, 2010).

La aplicación puede hacerse, al suelo mediante riego por inundación o en soluciones de remojo, siempre disuelto en agua. Para estas aplicaciones se utiliza cualquier procedimiento convencional. Después de tres horas de aplicado se considera que ha penetrado a la planta por lo que ante una lluvia ocasional posterior no es necesario repetir el tratamiento. El FitoMas E, no es fitotóxico y se puede mezclar con la mayoría de los agroquímicos de uso corriente, aunque se debe probarse previamente si no se tiene experiencia (ICIDCA, 2006).

Manejo del producto: se almacena en los lugares habituales, no requiere condiciones especiales. Debe evitarse el contacto y transporte junto con alimentos. Para su empleo en el campo son suficientes los procedimientos comunes a este tipo de operación. FitoMas E no es tóxico a los animales ni a las personas a las dosis de empleo. En caso de vertimiento del formulado se debe diluir con suficiente agua, el producto desaparece en poco tiempo debido a que es metabolizado por los organismos vegetales y animales del medio (ICIDCA, 2006).

Garantía: el producto permanece sin alteración por dos años después de la fecha de fabricación como mínimo. Ha sido registrado en el Registro de Plaguicidas del MINAGRI y en el Registro de Fertilizantes.

Cultivos en que puede utilizarse: según Borges (2005) y Campo (2013), puede aplicarse sobre las más variadas especies botánicas tanto monocotiledóneas como dicotiledóneas. Resultan beneficiados por FitoMas E los frutales, granos, cereales, tubérculos y raíces; plantas medicinales y cultivos industriales, caña de azúcar, tabaco, remolacha; hortícolas de fruto: tomate, pimiento, pepino, melón, sandía, hortícolas de hoja: col, lechuga, brócoli, apio; frutales tropicales banano y plátano, papaya, piña; oleaginosas y leguminosas en general; forestales; pastos, ornamentales, césped de campos de golf y áreas deportivas. Cuando el agricultor prepara su propio abono puede aplicarse sobre la materia orgánica para acelerar el proceso de compostaje. En este caso se humedece la pila con una proporción de 0,1 litro de FitoMas E por mochila de 16 litros por cada tonelada de materia orgánica a descomponer (2 m^3 aproximadamente).

1.7.1. Resultados experimentales obtenidos en diferentes cultivos con la aplicación de FitoMas E.

En el INIFAT González (1995), estudió la influencia estimuladora en el crecimiento del FitoMas E, en lechuga, var. R-SS-13, demostraron que en la menor dosis se producía un incremento del 32 % en la longitud, 60 % en el número de hojas y 65 % en peso seco.

Ramos & Martínez (2007), estudiando el efecto del FitoMas E y del biofertilizante Bioplasma en el cultivo de la lechuga var. Amalia en cultivo semiprotegido, obtuvieron un incremento del número, ancho y longitud de las hojas activas producidas por ambos productos, lo que augura una mayor actividad fotosintética y por tanto una mayor síntesis de sustancias y materia seca y el rendimiento también incrementó en 27% con respecto al tratamiento control.

1.8. Microorganismos eficientes

Los Microorganismos eficientes (EM o ME) son biofertilizantes desarrollados en la década de los 70, por el profesor Teruo Higa de la Facultad de Agricultura de la Universidad de Ryukyus en Okinawa, Japón, como alternativa para los fertilizantes químicos y pesticidas, sin embargo, el uso de esta tecnología, en las dos últimas décadas, se ha expandido de la agricultura para el tratamientos de aguas y efluentes, control de malos olores, granjas y salud animal, salud humana, e innumerables tratamientos industriales (Terry, 2005).

Actualmente, estos microorganismos son usados en más de 120 países, comercializados como EM-1 y existen 54 fábricas alrededor del mundo. Más de 30 Centros de Investigación distribuidos alrededor del mundo están todos los días creando y analizando nuevas alternativas para incrementar y expandir todavía más el rango de uso de la Tecnología. Además, estos microorganismos tienen dos vías de aporte, la exclusión competitiva de otros microorganismos que son nocivos y la producción de subproductos beneficiosos que promueven la salud del medio ambiente como enzimas, ácidos orgánicos, aminoácidos, hormonas, y antioxidantes (Hurtado, 2001; Higa, 2002 y Moya, 2012).

Los Microorganismos eficientes son una combinación de microorganismos beneficiosos de origen natural, que se han utilizado tradicionalmente en la fertilización, alimentación, desinfección y otras funciones. Pueden existir hasta 80

especies de microorganismos benéficos, distribuidos generalmente en los grupos siguientes:

- Bacterias fototrópicas
- Levaduras
- Bacterias productoras de ácido láctico
- Hongos de fermentación.

Estos microorganismos efectivos cuando entran en contacto con materia orgánica secretan sustancias beneficiosas como vitaminas, ácidos orgánicos, minerales quelados y fundamentalmente sustancias antioxidantes (Donis, 2011). Además, mediante su acción cambian el micro y macroflora de los suelos, y mejoran el equilibrio natural, de manera que los suelos infestados se conviertan en suelos libres de patógenos.

A través de los efectos antioxidantes promueven la descomposición de la materia orgánica y aumentan el contenido de humus.

El EM contiene microorganismos útiles y seguros, no es un fertilizante, ni un químico, no es sintético y no ha sido modificado genéticamente. Este se utiliza junto con la materia orgánica para enriquecer los suelos y para mejorar la flora y la labranza. Dichos microorganismos se encuentran en estado latente y por lo tanto se utiliza para hacer otros productos secundarios de Microorganismos eficientes (Hurtado, 2001; Higa, 2002 y Gálvez., *et al* 2008).

1.8.1. Importancia y aplicaciones en la agricultura de los Microorganismos eficientes

En los últimos años, la sostenibilidad agrícola ha cobrado especial interés al conocer de sus incidencias directas en los beneficios para el hombre y para el balance ecológico y agroecológico. Para fortalecer los sistemas agrícolas sostenibles, es necesario conocer los componentes que lo integran y que puedan determinar la funcionabilidad de los mismos. De ahí la importancia de reconocer que la productividad de los cultivos viene dada por la fertilidad del suelo, que puede ser evaluada por sus características físicas, químicas y biológicas.

Cuando en el sistema se introducen las plantas, la situación de los microorganismos cambia dramáticamente por el aporte de sustratos energéticos. En 1904 Lorenz

Hiltner, citado por Bach & Díaz (2008), introdujo el término rizosfera para designar la porción de tierra que rodea las raíces y que resulta afectada por el desarrollo de esta. Es la región que se extiende hasta unos pocos milímetros de la superficie de la raíz y donde se producen interacciones entre las plantas y los microorganismos.

Las poblaciones de microorganismos alrededor de las raíces alcanzan cifras de cientos de millones de células por cm^3 , densidad que resulta una 10 a 1000 veces mayor que la parte no rizosférica. Se calcula que el suministro de compuestos orgánicos a la zona de raíces es de entre 50 a 100 mg de materia orgánica por gramo de raíz. En contrapartida, los microorganismos desarrollan en la rizosfera actividades metabólicas de las que se benefician las plantas: transformaciones de la materia orgánica, movilización de nutrientes inorgánicos, producción de sustancias promotoras del crecimiento vegetal, antagonismos frente a patógenos, entre otros (Michala & Moreira, 2007).

Las condiciones bióticas y abióticas del ecosistema favorecen en el desarrollo de determinados grupos microbianos que participan directamente en los diferentes procesos biológicos y bioquímicos y pueden estos favorecer o no en desarrollo de fenómenos beneficiosos o perjudiciales al propio suelo y a las plantas (Higa, 2002).

Kloepper definió en 1978, Bach & Díaz (2008), a las bacterias de vida libre, encontradas en la rizosfera de las plantas como rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR, por sus siglas en inglés, que viene de la denominación *Plant Growth Promotion Rhizobacteria*, estas demostraron ser organismos altamente eficientes para demostrar el crecimiento de las plantas e incrementar sus defensas frente a otros microorganismos causantes de enfermedades.

Dado el gran desarrollo que en las últimas décadas han tenido los estudios relacionados con este tipo de bacterias y su uso en la agricultura, se ha propuesto la separación de dos grupos, uno que enmarca solamente a las bacterias que inciden en el crecimiento vegetal y que se ha dado a llamar bacterias promotoras del crecimiento (PGPB, por sus siglas en inglés, *Plant Growth Promotion Bacteria*) y otro que incluyen a aquellas bacterias que controlan a los fitopatógenos, ya sea produciendo sustancias inhibitorias o incrementando la resistencia natural de la planta y a las que se denominan Biocontrol-PGPB (Krusekopf., et al 2002).

Esta forma de clasificación permite la inclusión en el primer grupo a aquellas bacterias asociativas, fijadoras de nitrógeno. La polémica en cuanto a los términos continúa y por el momento, se sigue reconociendo de forma general, a este tipo de bacterias beneficiosas como PGPB. Uno de los requerimientos de más importante para que una bacteria sea considerada como PGPB es el tiempo de permanencia en el rizosfera después de la inoculación.

Una población introducida que declina rápidamente en el tiempo, tendrá una baja habilidad de competencia con la microflora nativa. Otra característica no menos importante, es la posibilidad de colonizar la superficie para ejercer un efecto fisiológico directo sobre el crecimiento de las plantas y, por último, que esas PGPR utilizadas no provoquen daños al suelo, a las plantas, a los animales, ni al hombre (Parr *et al*, 1994)

Desde hace varias décadas, se vienen desarrollando estudios sobre cómo y por qué estas PGPR son beneficiosas a las plantas. Se conoce que la estimulación se desarrolla a través de dos mecanismos fundamentales, uno directo y el otro indirecto. De acuerdo a Higa (2002) y Bach & Díaz (2008), en la estimulación directa, el metabolito producido por la bacteria es capaz de estimular el crecimiento vegetal a través de este mecanismo donde se desarrollan procesos tales como:

- Fijación de nitrógeno: las leguminosas tienen la capacidad de establecer una asociación simbiótica con las bacterias de la familia *Rhizobiaceae* comúnmente conocidas como Rizobios. Estas bacterias inducen en la planta la formación de estructuras especializadas, denominadas nódulos, es donde se alojan como simbiontes intracelulares y fijan nitrógeno atmosférico que es utilizado por las plantas

Existen otras PGPR de vida libre capaces de reducir el nitrógeno atmosférico. Tal es el caso de *Azospirillum sp.*, *Azotobacter sp.*, *Gluconacetobacter sp.*, *Beijerinckia sp.*, entre otros. Todas ellas, además, poseen otros mecanismos tan o más importantes como los cuales aumentan la productividad de los cultivos.

- Producción de sustancias reguladoras del crecimiento: el desarrollo vegetal por la acción de sustancias químicas que activan o inhiben determinados procesos fisiológicos. Estas sustancias se denominan fitohormonas, que se definen como

reguladores producidos por las plantas y que a bajas concentraciones regulan los procesos fisiológicos de estas.

Dentro de las fitohormonas que estimulan el crecimiento de las plantas se destacan las auxinas, giberelinas, citoquininas, etc. Las respuestas a cada una de ellas están condicionadas por factores externos e internos como la edad de la planta, el estado fisiológico y las condiciones ambientales, entre otras. Los mecanismos aún no están bien definidos, ya que no hay un modo único de acción para cada sustancia.

En caso de la estimulación indirecta las bacterias son capaces de liberar una o varias sustancias o metabolitos que intervienen en procesos que mejoran el crecimiento vegetal. Los mecanismos fundamentales de estimulación se pueden resumir en los siguientes de acuerdo a (Bach & Díaz, 2008):

- Producción de sustancias que movilizan nutrientes (ácidos orgánicos, enzimas, aminoácidos, etc.), estas sustancias son liberadas al medio y son capaces de movilizar elementos nutricionales como el hierro, fósforo y aluminio, ejemplo de ellos lo constituyen las bacterias solubilizadoras de fósforo, las cuales, a través de la secreción de ácidos orgánicos, solubilizan el fósforo mineral y bajo la acción hidrolítica de las enzimas fosfatasas, mineralizan el fósforo orgánico
- Producción de antibióticos: las capacidades de las PGPB de generar sustancias antibióticas pueden producir dos efectos antagónicos entre sí; los procesos inhibitorios que retardan el desarrollo y elongación de las raíces y los que aumentan el crecimiento por inhibición de patógenos
- Producción de sideróforos: son sustancias de bajo peso molecular que tiene alta afinidad por el hierro. En condiciones de escasez del metal, las bacterias productoras de estas sustancias (*Pseudomonas fluorescens*) secuestran al elemento convirtiéndolo en factor limitante para grupos de microorganismos patógenos-hierro dependientes
- Producción de sustancias que inducen la resistencia sistemática de algunas plantas: las bacterias PGPR amplifican el mecanismo de las plantas para la defensa de diferentes enfermedades, fundamentalmente en aquellas que la tienen latentes o de expresión lenta

- Síntesis con sustancias con actividad de patógenos: sintetizan enzimas que hidrolizan la pared de algunos hongos patógenos y otras sustancias que controlan el desarrollo de plagas.

Así el uso de los Microorganismos eficientes como inóculos, proviene a finales del siglo XIX, donde la práctica de mezclar suelo inoculado de forma natural con semillas se convirtió en un método recomendado para la inoculación de leguminosas en los Estados Unidos.

1.8.2. Tecnología para la reproducción de los Microorganismos eficientes

Metodología de preparación de los microorganismos

Búsqueda y selección de las materias primas

- Hojarasca: de la selección depende la población microbiana y por tanto la calidad del producto. Se debe procurar material vegetal en semidescomposición y éste se encuentra preferentemente en bosques vírgenes o en montañas con población vegetal en reposo productivo por 20 años o más y libre de contaminantes químicos
- Fuente de almidón: se aconseja utilizar subproductos de fuentes provenientes de cereales como arroz o trigo (Blanco, 2011).
- Fuente de *Lactobacillus*: suero de leche, yogurt o leche fresca sin pasteurizar.
- Fuente de azúcares: miel de caña obtenida en los ingenios azucareros

Las dosificaciones de las materias primas para la preparación del tanque de sustrato pueden ser: sémola de arroz (46 kg), hojarasca (30 kg) y miel (10 kg) (Blanco 2011).

Modo de preparación

Paso 1

- Extender una lámina de plástico (nylon) sobre el suelo donde serán mezcladas las materias primas.
- Verter la fuente de almidón (sémola de arroz) sobre el nylon.

Paso 2

Se procede a aplicar la hojarasca sobre el sustrato de almidón y se mezcla hasta homogeneizarlos. Una vez que la hojarasca y la fuente de almidón están completamente homogéneas, se aplica la melaza previamente diluida con el suero de leche sobre esta. Es importante hacer una mezcla lo más homogénea posible y

no dejar trazas de miel sin mezclar, ni trazas de material seco sin humedecer con la miel y el suero. Debe quedar con la humedad y las características adecuadas para una correcta fermentación. La que reconocemos si al apretar con fuerza la mezcla, ésta se queda compacta en la mano; sin chorrear, pero que humedezca la mano.

Paso 3

Colocar en el recipiente en el que se almacenará para su fermentación. Se debe garantizar una elevada compactación de la masa en el recipiente.

Se requiere dejar un espacio aproximado de 10 a 15 cm. entre el material y el borde del tanque para posteriormente cerrar de forma hermética.

Una vez realizado este proceso se deben esperar 21 días, luego se obtendrá un producto semisólido, de agradable olor, color oscuro y pH ácido, preferentemente entre 3,2 y 3,8. Es muy importante destacar, que en el período de fermentación el tanque no debe ser abierto, ni movido, ya que esto podría afectar el crecimiento microbiano.

Al finalizar el periodo de fermentación se abrirán los tanques y el producto terminado será trasladado hasta el tanque de almacenamiento, donde se mantendrá hasta el momento de la utilización.

Preparación del fermentado líquido de microorganismos benéficos

Metodología de preparación final

- Se toman 10 kg. del sólido y se vierten en un tanque junto a los volúmenes de las materias primas antes, mencionadas.
- Se completa el volumen del tanque con agua potable no clorada, manteniéndose en agitación en el período de llenado del tanque.
- Una vez lleno el tanque y mezclado completamente, se cierra y se deja fermentar protegido de la luz y sin moverse (Hurtado, 2001, Higa, 2002 y Moya, 2012).

1.9. Otros microorganismos benéficos para las plantas

Se registró la primera patente (NITRAGIN) para inoculación de leguminosas con *Rhizobium sp.* y se desarrollaron productos con cepas de *Bacillus megaterium* y *Azotobacter sp.*

En la actualidad, en el mercado de los inoculantes se imponen los productos elaborados a base de *Rhizobium sp.* y se desarrollan estudios con el objetivo de

evaluar el efecto de otras bacterias sobre el crecimiento de las plantas y el rendimiento de los cultivos, a fin de disminuir el uso de los fertilizantes minerales y otros agroquímicos. Aún, cuando el uso comercial de las PGPR se puede decir que es insipiente, existen compañías que hace algunos años han lanzado al mercado productos elaborados con este tipo de bacterias (APROLAB, 2007).

Existen dos clases de inoculantes, los que se utilizan para el control de enfermedades y los que tienen como objetivo fundamental la estimulación del crecimiento de las plantas. Con respecto a los primeros, hay productos a base de bacterias y hongos que controlan enfermedades. Estos agentes de control biológicos permiten reducir o eliminar las aplicaciones de funguicidas. En cuanto a los inoculantes que estimulan al crecimiento, se han creado diversos productos, tales como aquellos a base de bacterias y hongos, que favorecen la asimilación del fósforo por parte de las plantas, de bacterias que hacen asimilables el nitrógeno atmosférico y las que incrementan la captación de nitrógeno por parte de las raíces (Blanco, 2011).

La mayoría de los inoculantes a base de bacterias promotoras del crecimiento, se elaboran mediante técnicas de la biotecnología convencional, donde los procesos de fermentación son las herramientas fundamentales. La selección y estudio de las bacterias PGPR, de forma general se han realizado en los centros de investigación y en universidades y posteriormente se han autorizado a empresas para su comercialización. Una vez seleccionada la sepa a utilizar y las materias primas para el enriquecimiento de los medios de cultivos que garanticen el desarrollo de la misma, pasan por un proceso de crecimiento microbiano que genera la liberación de metabolitos, que posteriormente, juegan un papel importante en el desarrollo de los cultivos. El proceso no culmina, hasta que los caldos de cultivos son formulados adecuadamente para garantizar no solo la estabilidad del producto en el tiempo, sino que se mantenga la viabilidad y la actividad metabólica de las bacterias que lo contienen (APROLAB, 2007).

La comercialización de productos líquidos aún se mantiene en aquellos países donde las técnicas culturales los exijan. Sin embargo, los microorganismos soportados en lechos sólidos como es la turba, han demostrado mayor estabilidad en el tiempo que

los líquidos. Cuba, ha logrado importantes avances en este campo, los institutos de investigación relacionados con la rama agrícola, desde hace varias décadas comenzaron a desarrollar inoculantes para la agricultura basados en las potencialidades de las PGPR con énfasis en el manejo responsable del suelo y en la sostenibilidad medioambiental (Higa, 2002; Terry *et al.*, 2005 y Bach & Díaz, 2008).

Actualmente, existe una variedad de inoculantes de uso agrícola que están disponibles en el país, entre los que se encuentran: DIMARGON (*Azotobacter sp.*) y BIOFER (*Rhizobium phaseoli*); AZOSPIRILLUM (*Azospirillum brasilense*) AZOFER (*Bradyrhizobium sp.*) AZOFER (*Rhizobium sp.*) y AZOFER (*Azospirillum sp.*); FOSFORINA (*Pseudomonas sp.*).

Muchos de estos productos se comercializan en el exterior y aunque los resultados son discretos, han demostrado su efectividad en otras regiones y condiciones edafoclimáticas. A modo de ejemplo, nos referiremos a los productos elaborados a partir de *Pseudomonas fluorescens*, PGPR de amplio espectro recomendada, principalmente, por su capacidad de estimular el crecimiento de las plantas. El Instituto de Suelo y la empresa RIZOBACTER ARGENTINA S.A. trabaja en el desarrollo de un biofertilizante a base de *Pseudomonas fluorescens*, estimulador de crecimiento y solubilizador de fósforo, con destino al mercado argentino y países del MERCOSUR. Se comercializan con el nombre de Rizofos Liq. Trigo y Rizofos Liq. Maíz. Este biofertilizante constituye, en la actualidad, uno de los productos que marca el liderazgo en la competencia que existe entre las empresas que comercializan productos a base de microorganismos PGPR en Argentina y gran parte de La América del Sur (Hurtado, 2001; Higa, 2002 y Bach & Díaz, 2008).

La adopción y uso eficaz de biofertilizantes clave para asegurar la sustentabilidad y productividad de este sector tan importante para la economía y la sociedad. La posibilidad de obtener elevados rendimientos agrícolas y al mismo tiempo preservar el medio ambiente, está irremediablemente ligada al uso generalizado de estos productos, como alternativa al uso masivo de plaguicidas y fertilizantes de origen químico, que son costosos y tiene un impacto muy negativo sobre la salud y el medio ambiente (Gianella, 1993)

Para el logro exitoso del incremento en el uso de estas técnicas, la comunidad científica expresa su sentir y preocupación, en diferentes redes regionales creadas para ello. Unificar criterios de selección de cepas beneficiosas, calidad de los productos que se comercializan y mejorar los soportes para garantizar mayor efecto de los mismos, son alguno de los criterios que defienden para de forma oficial y con carácter regulatorio lograr una inserción irreversible de las PGPR, que, sin dudas, será un aporte importante en el desarrollo de la agricultura del siglo XXI (Hurtado, 2001; Terry *et al.*, 2005 y Bach & Díaz, 2008).

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Localización del estudio.

La investigación se desarrolló en áreas del Organopónico Villa Nueva perteneciente a la Granja Urbana del municipio Holguín. Colinda por el Este con la localidad de Mayabe, por el Oeste con el Reparto Nuevo Holguín, por el Sur con el Reparto Hilda Torres y al Norte con el Reparto Dagoberto Sanfield. Posee un área total de 0,97 ha con un total de 325 canteros dedicados al cultivo de las hortalizas; en el mismo laboran 16 obreros todos de sexo masculino.

La etapa experimental comprendió desde el 18 de febrero al de 20 abril del 2015, utilizando la variedad de lechuga Black Seeded Simpson (BSS- 13).

2.2. Preparación del área y siembra

Una vez cosechados los canteros, se procedió a eliminar los restos de cosecha y plantas indeseables. Seguidamente se procedió a remover los canteros a 20cm de profundidad con una azada. Luego se alisaron con el rastrillo y se marcaron las hileras. No fue necesario nutrir los canteros porque en la anterior rotación se le aplicó Materia Orgánica a razón de 1kg. m⁻².

Las semillas utilizadas fueron certificadas de categoría II CITMA, (2009) proveniente de la Empresa de Semillas de Holguín.

El semillero se estableció el 27 de enero del 2015, con semillas certificadas de la variedad Black Seeded Simpson (BSS - 13), las que geminaron a los 3 días, se le dieron las atenciones necesarias según (Rodríguez *et al* 2007).

El trasplante se realizó el 18 de febrero, a los 19 días de germinadas las plantas, con un marco de plantación de 0,10 x 0,15 m (Huerres & Caraballos, 2006 y Rodríguez *et al.*, 2007).

2.3. Diseño del experimento

Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con 6 tratamientos y tres repeticiones (Anexo 2). El área de cada parcela fue de 5 m², para un total de 18 parcelas. Se plantaron un total de 300 plantas por parcelas y fueron evaluadas 60 plantas en cada parcela; las mismas fueron escogidas de los surcos centrales, dejando las hileras externas y dos plantas en ambos extremos, como efecto de borde.

Los tratamientos empleados fueron los siguientes:

T1: Testigo

T2: FitoMas E (0,07 mL.m⁻²)

T3: FitoMas E (0,09 mL.m⁻²)

T4: Microorganismos eficientes (0, 09 mL.m⁻²)

T5: Microorganismos eficientes (0, 11 mL.m⁻²)

T6: FitoMas E (0,07 mL.m⁻²) + Microorganismos eficientes (0, 09 mL.m⁻²)

El FitoMas E provino del ICIDCA en frasco plástico de 5 L, como ingrediente activo 20%, conteniendo L-aminoácidos libres, péptidos, aminas biogénicas, purinas, mananoproteínas, β-glucanos y polisacáridos. Se almacenó en condiciones de temperatura ambiente y protegido de la luz.

El IH-plus de Microorganismos eficientes potencializado procedió de la Estación Experimental “Indio Hatuey”, provincia de Matanzas. Este estuvo compuesto por bacterias fotosintéticas y fijadoras de nitrógeno, lactobacilos y actinomicetos y se almacenó en envases plásticos, en un lugar fresco, oscuro y a temperatura ambiente.

Tabla.3. Composición microbiológica del IH- plus (UFC.mL⁻¹)

MO en el IH- PLUS	<i>Pseudomonas</i>	<i>Azospirillum</i>	<i>Azotobacter</i>	<i>Lactobacillus</i>	<i>Streptomyces</i>
UFC.mL⁻¹	5.2 x 10 ⁶	7.4 x 10 ⁶	7.2 x 10 ⁶	2.8 x 10 ⁶	1.7 x 10 ⁶

*Fuente: Laboratorio de microbiología de la Estación Experimental “Indio Hatuey”, Matanzas
La aplicación de ambos productos se efectuó a los tres y quince días después del trasplante, cada dosis se fraccionó en un 50 % para cada momento de aplicación completando esta en todo su ciclo Hurtado, (2001); Minchala & Moreira, (2007) y Rodríguez *et al*, (2011), mediante aspersion con una mochila Matabi de capacidad de 16 L, con boquilla de cono hueco de diámetro 0,5 mm y a una altura de la planta de 10 cm, logrando que toda la parte aérea de la planta quedara completamente humedecida.

2.4. Labores agrotécnicas

Las atenciones culturales se realizaron de forma tradicional, según las descritas para el cultivo en los manuales elaborados por (Huerres & Caraballo 2006 y Rodríguez *et al.*, 2007). El riego se realizó con el sistema de Microyet, durante los 10 primeros

días se efectuaron dos riegos diarios, uno por la mañana de 10 minutos y otro por la tarde de 15 minutos; luego se mantuvieron los dos riegos diarios hasta la cosecha por 15 minutos. Como labores de cultivo se priorizaron el trasplante a las 24 horas de la plantación comenzando la sustitución de las posturas muertas para garantizar una densidad de siembra óptima en el área; el aporque a los 5 días, con un escarificador para romper la costra formada por el riego, la cual se mantuvo una vez por semana, para evitar el arranque por la acción de la lluvia intensa o el viento, el deshierbe y el deshoje.

Se realizó una medición de los parámetros evaluados a los 61 días después del trasplante según criterios de (Rodríguez *et al.*, 2007).

2.5. Indicadores evaluados:

- Diámetro del tallo (cm): se midió con un pie de rey a la altura de 5 centímetros desde la base
- Longitud de las raíces (cm): se midió con una cinta métrica desde la base de la raíz principal hasta el ápice
- Ancho de la hoja (cm): se tomaron las hojas presentes en las plantas y se midieron con una cinta métrica desde ambos bordes por la región ecuatorial
- Largo de la hoja (cm): se tomaron las hojas presentes en las plantas y se midieron con cinta métrica desde la base hasta el ápice
- Número de hojas por plantas: se contaron las hojas presentes en cada planta
- Peso promedio por planta (g): se calculó la media por planta del peso de las 60 plantas en el área, utilizando balanza técnica
- Rendimiento: se pesó con balanza técnica la muestra del total de las plantas (60) por tratamiento, expresado en kg.m^{-2} .

El registro de las variables climáticas se tomó de la estación experimental ubicada en la universidad de Holguín sede José de la Luz y Caballero como se muestra en la tabla 4.

Tabla 4. Comportamiento de las variables climáticas en el área experimental.

Año	Meses	Temperatura °C			Humedad relativa %
		Máxima Media	Mínima Media	Media	Media
2015	Febrero	29,2	18,1	23,0	74
2015	Marzo	30,0	20,4	24,2	71
2015	Abril	31,8	19	24,2	73
Media total		30,3	19,1	23,8	72,6

2.6. Valoración económica de los resultados

Para la evaluación del análisis económico, se estuvieron en cuenta los siguientes indicadores:

- Costo de la producción (CUP/m²): Sumatoria de todos los gastos incurridos en el proceso productivo.
- Valor de la Producción (CUP/m²): Se calculó como sigue:

$$V_p = R \times V_1$$

Dónde:

V_p- valor de la producción (CUP/m²).

V₁- valor de un kilogramo de lechuga (CUP).

R – rendimiento alcanzado en cada uno de los tratamientos (kg.m⁻²).

- Ganancia (CUP/m²): La diferencia entre el valor de la producción y el costo de producción, y se calculó de la siguiente forma:

$$G = V_p - C_p.$$

- Costo por peso (C_{pp}): relación entre el costo de producción y el valor de la producción, es decir:

$$C_{pp} = C_p / V_p.$$

- Precios oficiales de los productos utilizados (MINAG, 2015).
 - Un kilogramo de lechuga para venta (CUP): 2,86
 - Precio de las posturas para 1 m² (CUP): 0,50
 - 1 L de FitoMas E (CUP): 4,94
 - 1 L de Microorganismos eficientes (CUP): 2,50

Los demás gastos del cultivo fueron obtenidos por la carta tecnológica del cultivo en la unidad que fue de 1,81 CUP/m².

2.7. Análisis estadístico de los datos

Los datos obtenidos fueron procesados por el paquete estadístico SYSTAT-12, Versión No. 6.0 sobre Windows. 12.02.00. 2007. a los cuales se les realizó un análisis de varianza donde se realizó la prueba de comparación múltiple de medias de Tukey para una significación de $p \leq 0,05$.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Según los datos obtenidos del comportamiento de las variables climáticas en el área experimental como se muestra en la tabla 4, se aprecia que las temperaturas oscilaron entre los 23 y 24 (°c), estando estas dentro de las temperaturas óptimas para el desarrollo y la cosecha de este cultivo; Huerres & Caraballo (1996, citado en Barral, 2004). El cultivo de la lechuga es una planta, cuyo rango de temperatura está entre 16-21°C para el crecimiento de las hojas y la formación del repollo.

Según Huerres & Caraballo (1996) la temperatura influye en todas las funciones vitales de la planta, como son la transpiración, fotosíntesis, germinación; teniendo cada especie vegetal en su ciclo biológico una temperatura óptima.

En el caso de la humedad relativa durante la etapa de semillero fue del 76 %, y durante el transcurso de la investigación, se comportó entre 71% y 74%, valores que no son propicios para la aparición de enfermedades fungosas que pudieran afectar al cultivo, por lo que podemos decir que este no fue un aspecto limitante para el desarrollo de la investigación. Según Huerres & Caraballo (1996), la humedad relativa influye sobre el crecimiento de los tejidos, la transpiración, la geminación y el enraizamiento.

3.1. Resultados de la evaluación de parámetros del crecimiento

3.1.1. Diámetro del tallo y longitud de las raíces

En la Tabla 5 se observan los resultados del diámetro del tallo, no existiendo diferencias significativas entre los tratamientos 3, 4, 5 y 6, pero sí entre estos y los tratamientos 1 y 2 que también difieren entre ellos. Los mejores resultados se lograron la aplicación de los Microorganismos eficientes a una dosis de 0,11 mL.m⁻², con una media de 1,94 cm. Los resultados más bajos los obtiene el tratamiento 1 (Testigo) con 1,43 cm de diámetro del tallo.

Tabla 5. Evaluación del diámetro del tallo y la longitud de las raíces en los tratamientos evaluados.

Nº	Tratamientos	Diámetro del tallo (cm)	Longitud de las raíces (cm)
1	Testigo	1,43 c	6,83 c
2	FitoMas E (0,07 mL.m ⁻²)	1,78 b	7,13 b
3	FitoMas E (0,09 mL.m ⁻²)	1,86 a	8,09 a
4	Microorg. Eficientes (0,09 mL.m ⁻²)	1,89 a	8,14 a
5	Microorg. Eficientes (0,11 mL.m ⁻²)	1,94 a	8,21 a
6	FitoMas E (0,07 mL.m ⁻²) + Microorganismos eficientes (0,09 mL.m ⁻²)	1,91 a	8,18 a
EE±		0,052	0,253

*Letras iguales no difieren significativamente para $p \leq 0,005$

En cuanto a la longitud de las raíces ocurre de igual forma al diámetro del tallo, no existe diferencia significativa entre los tratamientos 3, 4, 5 y 6, pero sí entre estos y los tratamientos 1 y 2 que también difieren entre ellos. Los mejores resultados se lograron la aplicación de los Microorganismos eficientes a una dosis de 0,11 mL.m⁻², con una media de 8,21cm. Los resultados más bajos los obtiene el tratamiento 1 (Testigo) con 6,83 cm.

Siendo estas dosis (Tratamientos 3, 4, 5 y 6) las que más beneficiaron en estos parámetros al cultivo. Esto pudo deberse en el caso de los Microorganismos eficientes, a la presencia de las bacterias beneficiosas las cuales se incorporan como microflora tanto de la planta como en el sustrato, encontrándose especies de bacterias en el producto como *Lactobacillus sp.*, *Pseudomonas sp.*, *Azotobacter sp.*, *Streptomyces sp.*, y *Azospirillum sp.*; rizobacterias de altos efectos en la descomposición de la materia orgánica del suelo y la fijación de sustancias importantes para la planta como oxígeno, nitrógeno, fósforo, sales y otras (De acuerdo al Laboratorio de microbiología de la Estación Experimental "Indio Hatuey", Matanzas). También por parte del FitoMas E existe un gran aporte de metabolitos secundarios que estimularon estas variables de crecimiento de las plantas.

Por otra parte, Rodríguez (2011), plantea que con la utilización del FitoMas E a dosis equivalentes, encontró valores similares a los obtenidos en esta investigación en la variedad R-SS-13; sin embargo, fueron superiores a los obtenidos por Ramos *et al.*, (2007) donde el diámetro del tallo no superó los 1,88 cm.

Los resultados de la longitud de las raíces fueron de hasta 8,21 cm superiores a los reportados por Ramos *et al.*, (2007), pero fueron inferiores a la longitud de las raíces de 11,8 cm, reportado por Rodríguez *et al.*, (2013) y a los informados por Amico (2007), con valor de 8,63 cm aplicando hongos micorrízicos arbusculares.

3.1.2. Parámetros evaluados en las hojas

Al observar los resultados de la longitud de las hojas (Tabla 6) los mejores resultados los obtienen los tratamientos T4, T5, y T6 sin diferencia significativa entre ellos y con diferencia significativa con el resto de los tratamientos, seguido del tratamiento T3 con diferencia significativa con el resto de los tratamientos, cabe señalar que entre ellos el tratamiento que reportó los mejores resultados fue el T5 con una media de 31,06 cm y los resultados más bajos lo obtiene el tratamiento T1 con una media de 23,82 cm de longitud de las hojas.

En cuanto a la longitud de las hojas fueron superiores a los informados por Campos (2013), donde obtuvieron con una dosis de 0,7 L/ha⁻¹ de FitoMas E una longitud de 17,9 cm y un ancho de 12,8 cm. De la misma forma superaron a las longitudes obtenidas por Barral (2004) con 30,86 cm y por Lambert *et al.* (2011) con 30,24 cm; no obstante, el ancho fue inferior al informado por estos últimos autores con valor de 18,23 cm.

Resultados similares fueron obtenidos por Gómez *et al.*, (2000) en el cultivo de la lechuga, donde observaron elevada calidad, tamaño y número de hojas por plantas. Borges *et al.* (2005) estudió los efectos del FitoMas E cuando se adicionaba en el marco de la tecnología convencional, en la variedad “Criollo 98”. Aplicaron una dosis de 1 L/ha⁻¹ de FitoMas E y evaluaron indicadores referidos al rendimiento y la calidad. En el tratamiento donde se aplicó FitoMas E, superó en crecimiento y desarrolló los parámetros que refiere la literatura para la variedad, de 48 a 52 cm de longitud y de 24 a 28 cm de ancho.

Tabla 6. Resultados de los parámetros evaluados a las hojas en cada tratamiento.

Nº	Tratamientos	Longitud de las hojas (cm)	Ancho de las hojas (cm)	Número de hojas (U)
1	Testigo	23,82 d	9,06 d	10,71 d
2	FitoMas E (0,07 mL.m ⁻²)	25,72 c	9,48 d	10,86 d
3	FitoMas E (0,09 mL.m ⁻²)	28,49 b	10,32 c	11,24 c
4	Microorg. Eficientes (0,09 mL.m ⁻²)	30,89 a	11,41 b	12,62 b
5	Microorg. Eficientes (0,11 mL.m ⁻²)	31,06 a	12,94 a	14,13 a
6	FitoMas E (0,07 mL.m ⁻²) + Microorganismos eficientes (0,09 mL.m ⁻²)	30,76 a	11,19 b	12,05 b
EE±		0,853	0,174	0,671

Letras iguales no difieren significativamente para $p \leq 0,005$

Investigadores de APROLAB (2007) plantean que a concentraciones adecuadas de Microorganismos eficientes aumentan los efectos beneficiosos sobre las plantas. El desarrollo foliar es uno de estos factores que se ve beneficiado en las plantas, lo cual aumenta la fotosíntesis. Además, aumentan la germinación de las semillas, el crecimiento y desarrollo de las plantas por la acción hormonal similar al ácido giberilínico, consumen los exudados de las raíces, tallos, hojas y frutos lo cual favorece a la limpieza en la superficie de las plantas lo cual evita el desarrollo de microorganismos patógenos (Michala & Moreira, 2007).

En cuanto al ancho de las hojas los mejores resultados los muestra el tratamiento T5 con una media de 12,94 cm con diferencia significativa con el resto de los tratamientos, seguida de los tratamientos T4 y T6 sin diferencia significativa entre ellos y con diferencia significativa con el resto de los tratamientos. Los tratamientos de más bajos resultados fueron T1 y T2 con diferencia significativa con el resto de los tratamientos.

Los resultados obtenidos en cuanto al ancho de las hojas son superiores a los obtenidos por (Lambert *et al.*, 2011).

Al observar los resultados del número de hojas por planta los mejores resultados los obtiene el tratamiento T5 con una media de 14,13 hojas por planta con diferencias significativas con el resto de los tratamientos, seguido de los tratamientos T4 y T6 sin diferencias significativas entre ellos y con diferencias significativas con el resto de los

tratamientos y los resultados más bajos los obtiene los tratamientos T1 y T2 con diferencias significativas con el resto de los tratamientos.

Se evidencia que la dosis de Microorganismos eficientes de 0,11 mL.m⁻² fue la que mostró mayor rendimiento lo cual parece indicar que la acción promotora de las bacterias en el sustrato favorecieron el crecimiento foliar.

En relación al número de hojas por plantas, los valores reportados en esta investigación superaron los obtenidos por Barral (2004) donde evaluaron una dosis de 0,7 L/ha⁻¹ de FitoMas E sobre la misma variedad en estudio con 8,7 hojas; de igual manera a los informados por Campos (2013) que obtuvo hasta 11,28 hojas y a los obtenidos por Lambert *et al.*, (2011) con valor de 9,24 hojas.

Se obtiene resultados similares a los obtenidos por Borges *et al.* (2005) al estudiar los efectos del FitoMas En el cultivo de la lechuga.

3.2. Resultados de los parámetros del rendimiento

3.2.1. Peso promedio de las plantas en los diferentes tratamientos

En el Gráfico 1 se observan los resultados del peso medio por planta en la cual existen diferencias significativas entre los tratamientos estudiados.

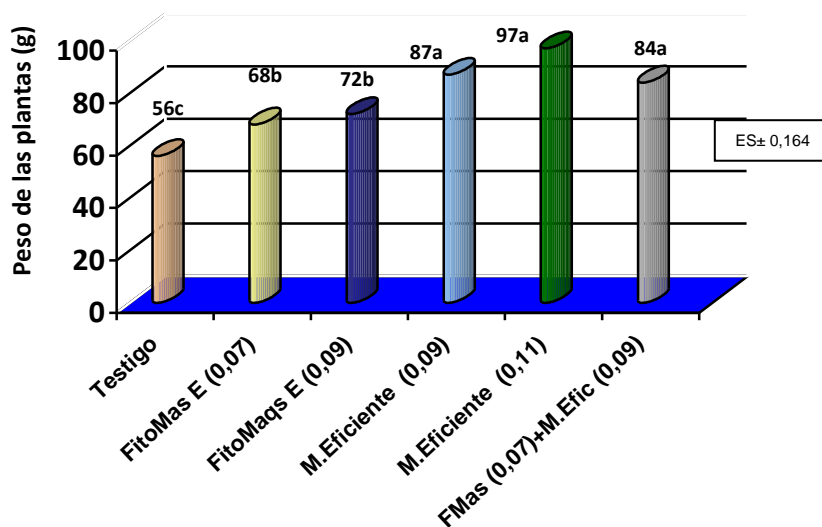


Gráfico 1. Respuesta del peso promedio de las plantas en los diferentes tratamientos

Los mejores los tratamientos T4, T5 y T6 sin diferencia significativas entre ellos y con diferencia significativas con el resto de los tratamientos, seguido de los tratamientos T2 y T3 sin diferencias significativas entre ellos y con diferencias significativas con el resto de los tratamientos, los mejores resultados los obtiene el tratamiento T5 con

una media de 97g, los resultados más bajos los obtiene el tratamiento T1 con diferencias significativas con el resto de los tratamientos.

3.2.2. Rendimientos obtenidos en el ensayo

Al analizar los rendimientos obtenidos (Tabla 7) los mejores resultados de los tratamientos son obtenidos por T4, T5 y T6 sin diferencia significativas entre ellos y con diferencia significativas con el resto de los tratamientos, aunque hay que destacar que dentro de ellos los resultados más altos los obtiene el tratamiento T5 con una media de 5,82 kg.m⁻². En segundo lugar, están los tratamientos T2 y T3 sin diferencias significativas entre ellos y con diferencias significativas con el resto de los tratamientos, los resultados más bajos lo obtienen el tratamiento T1 con 3,36 kg.m⁻² con diferencias significativas con el resto de los tratamientos.

Tabla 7. Rendimientos obtenidos en los diferentes tratamientos (kg.m²)

Nº	Tratamientos	Rendimientos (kg.m ⁻²)
1	Testigo	3,36 c
2	FitoMas E (0,07 mL.m ⁻²)	4,08 b
3	FitoMas E (0,09 mL.m ⁻²)	4,29 b
4	Microorg. Eficientes (0,09 mL.m ⁻²)	5,21 a
5	Microorg. Eficientes (0,11 mL.m ⁻²)	5,82 a
6	FitoMas E (0,07 mL.m ⁻²) + Microorganismos eficientes (0,09 mL.m ⁻²)	5,02 a
	EE±	0,151

Letras iguales no difieren significativamente para p≤0,005

En los resultados obtenidos se demuestra que las plantas inoculadas con Microorganismos eficientes incrementan su crecimiento y desarrollo, presentan mayor capacidad para absorber eficientemente el agua y los nutrientes del suelo a través del estímulo provocado en el sistema radical, que se evidencia en el estado nutricional de las plantas por lo cual los rendimientos son superiores.

Los rendimientos alcanzados en esta investigación fueron superiores a los informados por Díaz *et al.*, (2005), donde obtuvieron 2,3 Kg.m⁻² mediante la aplicación de un biofertilizante a base de Azospirillum sp; mientras que el rendimiento reportado por Rodríguez *et al.*, (2011) no superó 1,90 Kg.m⁻². Sin embargo, fueron inferiores a los informados por Amico (2007) que obtuvieron

rendimientos de 6,78 Kg.m⁻² aplicando combinaciones de hongos micorrízicos arbusculares.

Higa (1991) y Parr *et al.*, (1994) evaluaron el efecto de los Microorganismos eficientes en las hortalizas de tomate, pepino y lechuga, donde observaron que se acortó el ciclo y obtuvieron mayores rendimientos, consecuencia dada por la descomposición de la materia orgánica debido a la secreción de sustancias beneficiosas como vitaminas, ácidos orgánicos, minerales quelados y fundamentalmente sustancias antioxidantes que aumentan el contenido de humus y las incorporan al suelo los cuales mediante su acción cambian la micro y macroflora de los suelos, mejorando el equilibrio natural, de manera que protegen al suelo de patógenos lo que garantiza una mejor producción de los cultivos. Además, que las bacterias fotosintéticas no solo desarrollan fotosíntesis, sino que también pueden fijar nitrógeno al suelo, mucho más si coexisten con otras especies del suelo como *Azotobacter sp.* lo cual aumenta su habilidad para fijar este elemento al suelo.

Blanco (2011) y Donis (2011) reportaron resultados satisfactorios en cuanto al desarrollo y la productividad de los cultivos, mediante la aplicación de los Microorganismos eficientes en hortalizas y otros cultivos de interés, donde sobrepasó los valores obtenidos en plantas sin la aplicación de estos bioproductos o mediante la aplicación de fertilizantes químicos.

Por otra parte, Gálvez *et al.*, (2008). Informa que los Microorganismos eficientes tienen efecto positivo en la solubilización del fósforo, siendo este después del nitrógeno el de mayor requerimiento por la planta, lo cual garantiza que esta posea mayor disponibilidad del mineral.

Además, las condiciones climáticas pudieron influir en la producción de las plantas pues la temperatura osciló entre 23,0 °C y 24,2 °C, la humedad relativa de 71 a 74 % y se mantuvo el riego sistemático durante las fases del cultivo por las escasas precipitaciones. Estos factores son favorables para la fructificación según criterios de Huerres y Carballo (2006). Además, informes de Rodríguez *et al.*, (1984) citados por Campo (2013) muestran que la temperatura adecuada favorece la floración y fructificación del cultivo estando entre 21°C y 25 °C, y la humedad relativa alrededor

del 80 %, valores que se correspondieron con las condiciones climáticas en el periodo de nuestra investigación.

3.3. Valoración económica de los resultados

Teniendo en cuenta los resultados que se muestran en la Tabla 8, desde el punto de vista económico resulta más eficiente el tratamiento 5 y 4, dado por el menor costo por peso (0,11 y 0,12 pesos por cada peso invertido). La aplicación de 0,11 y 0,09 mL.m⁻² de Microorganismos eficientes , obtienen las mayores ganancias (14,296 y 12,554 CUP/m⁻² respectivamente), reflejo de que en los mismos se alcanzaron los mayores rendimientos.

Tabla 8. Valoración económica de los resultados

Nº	Tratamientos	Rendimiento (kg.m ⁻²)	Valor de la Producción (CUP/m ⁻²)	Costo de la Producción (CUP/m ⁻²)	Ganancia (CUP/m ⁻²)	Costo por peso
1	Testigo	3,36	9,61	2,31	7,30	0,24
2	FitoMas E (0,07 mL.m ⁻²)	4,08	11,67	2,324	9,346	0,20
3	FitoMas E (0,09 mL.m ⁻²)	4,29	12,93	2,328	10,602	0,18
4	Microorg. Eficientes (0,09 mL.m ⁻²)	5,21	14,90	2,346	12,554	0,16
5	Microorg. Eficientes (0,11 mL.m ⁻²)	5,82	16,65	2,354	14,296	0,14
6	FitoMas E (0,07 mL.m ⁻²) + Microorganismos eficientes (0,09 mL.m ⁻²)	5,02	14,36	2,360	12,00	0,16

En contraste, el tratamiento T1 (testigo) es el de menor rendimiento y por tanto el de menor ganancia asociado al mayor costo por peso con 0,19 pesos por cada peso invertido. Cabe señalar que en todos los tratamientos, el costo por peso fue inferior a 0, 50; aspecto positivo desde el punto de vista económico.

CONCLUSIONES

1. Hubo respuesta de la mayoría de las dosis a los parámetros del crecimiento del cultivo de la lechuga en las condiciones del organopónico, destacándose la dosis de $0,11 \text{ mL.m}^{-2}$ de Microorganismos eficientes .
2. Las dosis de $0,09$ y $0,11 \text{ mL.m}^{-2}$ de Microorganismos eficientes y la combinación con FitoMas obtuvieron los mayores resultados en cuanto al peso de las plantas de lechuga en estas condiciones con valores de 87, 97 y 84 g respectivamente.
3. Los mejores resultados productivos y económicos se lograron con la aplicación de los Microorganismos eficientes a una dosis de ($0,11 \text{ mL.m}^{-2}$) con un rendimiento de $5,82 \text{ kg.m}^{-2}$ y la mayor eficiencia económica.

RECOMENDACIONES

1. Realizar una evaluación con los Microorganismos eficientes a una dosis de (0,11 mL.m⁻²), en diferentes períodos del desarrollo del cultivo.
2. Continuar estudiando el efecto de estos bioestimulantes con otras mezclas a diferentes dosis, en el cultivo de la lechuga.
3. Validar el efecto de los Microorganismos eficientes con la dosis más eficiente en áreas mayores en este u otros cultivos como forma de incrementar las producciones por su efecto beneficioso en los mismos y el medio ambiente.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Altieri, A. (2005). Una Base Agroecológica para el Manejo de Recursos Naturales por los Agricultores Pobres de Tierras Frágiles, pp. 450.
2. Altieri, M. (1997). Agroecología. Bases científicas para una agricultura sustentable, pp. 3.
3. Altieri, M. (1995). Agroecology: the science of sustainable agriculture. Boulder, CO: Westview Press p 154.
4. Álvarez Rodríguez, A (2013). Evaluación del efecto de diferentes dosis del bionutriente FitoMas E como alternativa ecológica en el cultivo *Solanum lycopersicum L* (tomate), en la granja hortícola “Brisas”, Provincia Holguín. Revista electrónica PRINA agrotecnia. España. Disponible en: www.prinaagrotecnia.es.
5. APROLAB (2007). Producción de abono orgánico a partir de microorganismos eficaces EM-1. Convenio ALA/2004/016-895. Perú.
6. Bach, T & Díaz, M. (2008). Las Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR) en la agricultura. Revista Agricultura Orgánica. ACTAF. Año 14. No. 3. ISSN 1028-2130.p 35-38.
7. Barral, Yosleidis (2004). Evaluación de diferentes dosis de FitoMas E en el cultivo de la lechuga. , p. 21. Trabajo de diploma en opción al título de Ingeniero Agrónomo. Facultad Agroforestal. UDG. Cuba.
8. Blanco, D. (2011). IH-PLUS. Preparación y aplicación sobre los cultivos. Manual práctico. Estación Experimental “Indio Hatuey” Central España Republicana 44280 Matanzas, Cuba.
9. Borges, O; Matos, H; Masfarroll, D; Videaux, María R (2005). Resultados preliminares del empleo del FitoMas E en el cultivo del tabaco Tapado en Guantánamo (variedad Criollo 98). Informe al proyecto 271 del ICIDCA.
10. Campo Costa, A (2013). Evaluación del bioestimulante FitoMas E en diferentes momentos de aplicación en el cultivo *Solanum lycopersicum L*. (tomate), en la Granja Hortícola Brisas, del municipio de Holguín. Revista electrónica PRINA agrotecnia. España.

11. Casanova A. S., Gómez, O. Laterrol, H; Anais, G, (2003). Manual para la producción protegida de hortalizas. Editorial AGROINFOR, MINAG
12. D Amico. 2007. Ecomic. Biofertilizante ecológico a partir de hongos micorrizados arbusculares. INCA.
13. Del Toro, F. L (2010). Evaluación de diferentes dosis de aplicación de FitoMas E en el desarrollo vegetal del pepino (*Cucumis sativus. L*) de la variedad Hatuey-1 en la Estación de Investigación de la Caña de Azúcar "EPICA" de la Provincia Holguín. Trabajo de Diploma en opción al título de Ing. Agrónomo. Universidad de Holguín.
14. Díaz C., (2005). Estudio preliminar de diferentes técnicas de aplicación de un biofertilizante a base de *Azospirillum sp* en cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa L.*). Biblioteca Digital Portable. CETAS/ Universidad de Cienfuegos, Cuba.
15. Donis Infante, F. (2011). Uso de los microorganismos eficientes en localidades de Matanzas. Memoria de material audiovisual. Estación Experimental "Indio Hatuey" Central España Republicana 44280 Matanzas, Cuba.
16. FAO. The state of the world's plant genetic resources for food and agriculture. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación: Italia, 1998.
17. Gálvez, J.N; Tineo, A; Reyes Francis. (2008). Efectos de la roca fosfórica incubado con Microorganismos eficientes en el rendimiento del tomate. Tesis de doctorado. Universidad de México.
18. Giacconi, M. V. Y M. Escaff G. Cultivo de Hortalizas. Editorial Universitaria, S. A. Sto. de Chile, 214-219. 1993.
19. Gianella, F. (1993). ¿Qué significa agricultura ecológica u orgánica? Cultivando No 6.
20. Gómez, O; Casanova, A; Laterrol, H; Anais, G. (2000). Manual técnico. Mejora genética y manejo del cultivo del tomate para la producción en el Caribe. Instituto de Investigaciones Hortícola "Liliana Dimitrova" (IIHLD): La Habana, pp. 159.

21. González, M (1995). La acción de los productos naturales. La Habana. Editorial Ciencia y técnica, 45 p.
22. Guenkov, G. Fundamentos de la Horticultura Cubana. Instituto Cubano del Libro, La Habana, 321-329, 1974.
23. Harborn, J. Introduction to Ecological Biochemistry. Fourth Edition. Academic Press Inc. Ca. 1993
24. Higa, T. (1991). Microorganismos eficientes para una agricultura y medio ambiente sostenible. Proyecto FUNDASES. Japón.
25. Higa, T. (2002). Una Revolución para salvar la tierra. Ed. Emro Europe Branch. Tarragona.
26. Huerres, C. & Caraballo, N (1996). Horticultura. Editorial Pueblo y Educación.
27. Huerres, P. C. & Caraballo, N. (2006). Horticultura. Ed. Pueblo y Educación. La Habana.
28. Huerres, Pérez Consuelo, Nelía Caraballo Llosas. Horticultura. Editorial Pueblo y Educación, Ciudad de La Habana, 120-129, 1988.
29. Hurtado, L. (2001). Microorganismos eficientes . Proyecto FUNDASES. Japón.
30. ICIDCA (2006). Natural Growth Stimulant. FitoMas E.
31. Krusekopf, H.H., J.P. Mitchell, T.K. Hartz, D. M. May, E.M. (2002). Miyao and M.D. Cahn. Pre-sidedress N fertilizer, HortScience 37: 520 – 524.
32. Lambert, Tania; Zamora, Mario; Ramírez, Argentina Aplicación del FitoMas E al cultivo de lechuga, 2011. Recuperado en abril 20, 2012 disponible en <http://www.eft.com.ar>.
33. Leja, M.; S. Rozek; J. Myczkowski: The effect of fertilization with different forms of nitrogen on greenhouse lettuce quality and its changes during storage. III. Phenolic metabolism. Folia Horticulturae, 6: 63-72, 1994.
34. Machado, L. (2006). Sistematización de Experiencias del Programa de Agricultura Urbana en el Municipio Lajas. Tesis presentada en Opción del Título Académico de Master en Ciencias Agrícolas. Universidad Agraria de La Habana Fructuoso Rodríguez Pérez. Habana. Cuba.
35. Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higherplants.2. Ed. New York: Academic Press. 889 p.

36. MINAG (Ministerio de la Agricultura). (2015). Listado oficial de precios (Acopio).
37. MINAGRI. (2009). Proyección estratégica para la producción de los cultivos varios hasta el 2015.
38. Minchala Tanya & Verónica Moreira (2007). Proyecto de inversión para la elaboración de bioproductos a partir de Microorganismos eficientes para el control de enfermedades en las plantas. Guayaquil. Ecuador.
39. Mineiro. A. (2002). Efecto de 4 Bioestimulantes capaces de incidir en la fisiología de la planta de tomate. Tesis de Diploma en opción al título de Ing. Agrónomo. IS CAB, pp. 63.
40. Moertense, E. & E. Bullard. (1985). Horticultura tropical y subtropical. Ed. Galve, S. A. Primera edición. México. pp. 93-94.
41. Montano, R. (2008). FitoMas E, bionutriente derivado de la industria azucarera, Composición, mecanismo de acción y evidencia experimental. (Instituto Cubano de Investigaciones en Derivados de la Caña de Azúcar). Cuba.
42. Moya R. JC. (2012). Cómo hacer Microorganismos eficientes . MAG. Costa Rica. U. Información y Comunicación.
43. Parr, E; Zinder, F; Gwind. H. (1994). Efficient microorganisms. Blackwell Scientific Publication. Oxford, UK. 13-19 p.
44. Prause, J. & Ferrero, A. (1992). "Bases para la fertilización de cultivos". Cátedra de MINAGRI (2000). Manual Técnico de Organopónicos y Huertos Intensivos. La Habana, 145p.
45. Pupo, A. (2012). Evaluación del efecto del FitoMas E y Biobrás-16 (BB- 16), en el cultivo *Lycopersicon esculentum Mill* (tomate), en áreas del organopónico "El Coco" de la Empresa Agropecuaria Holguín. Provincia Holguín. Tesis de Diploma en opción al título de Ingeniero Agrónomo Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de Holguín.
46. Queralta, N. (2010). Efectos del FitoMas E sobre el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*) cv. Amalia en la UBPC Carlos Manuel de

- Céspedes del Municipio Bartolomé Masó Márquez. Tesis presentada en opción al Título de Ingeniero Agropecuario. Universidad de Granma.
47. Ramos, L; Martínez, F (2007) Efecto del Fitomas- E y el Bioplasma en el rendimiento del cultivo de la lechuga var. Amalia, bajo condiciones de cultivo.
 48. Rodríguez Alegna; Martínez, F; Leudisyanes Ramos; Mirneyis Cabrera y Yolaisis Borrero. (2011). Efecto del bioestimulante (FitoMas E) y el biofertilizante (Bioplasma) en el rendimiento de la lechuga var. Anaida bajo condiciones de organoponía semiprotegida. Revista Agrotecnia de Cuba, 35 (1): p 54-60.
 49. Rodríguez, A.; Campanioni, N.; Peña, E.; Fresneda, J.; Estrada, J.; Rey, R. (2007). Manual Técnico para organopónicos, huertos intensivos y organoponía semiprotegida. ACTAF. INIFAT. p. 42, 71-73
 50. Rodríguez, R., Tabares, M. y Medina, A. (1984). Cultivo moderno del tomate. Ed. Mundi-Prensa. P. 13-20 González A. y A. Gómez: Diferentes dosis de FitoMas E en el cultivo del tomate (*Lycopersicon Sculentum*), variedad Amalia en la provincia Guantánamo.
 51. Sady, W., S. Rozek and J. Myczkowski. 1995. Effect of different forms of nitrogen on the quality of lettuce yield. In: Growing media e plant nutrition. Acta Horticulturae 401:409-416.
 52. Sanders D. C. Lettuce Production. North Carolina State University, 2001.
 53. Sen, B. (1991). Potassium and disease resistance in fruit vegetable crops .Potash Riview 4:1-7.
 54. Shannon C. Best Conditions to Grow Lettuce, 2011. Disponible en <http://www.homeandgardenideas.com>
 55. Sorensen, J.; A. Johansen; N. Poulsen: Influence of growth conditions on the value of crisphead lettuce: Marketable and nutritional quality as affected by nitrogen supply, cultivar and plant age. Plant-Foods for Human Nutrition 46: 1-11, 1994.
 56. Terry, A., Leyva, A, Hernández, A. (2005). Microorganismos benéficos como biofertilizantes eficientes en el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill.). Revista Colomb. Biotecnol. Vol VII. No. 2. Diciembre. p 47-54.

57. Wien, H. C. Lettuce. En: The physiology of vegetable crops. CAB International. Ed. H.C. Wien, Oxon, UK. pp. 479-509, 1997.
58. WWW. Infoagro.com. 2007 Agricultura. El cultivo de la lechuga. Curso a distancia. Productor Hortícola en invernadero. P. 1 – 11.
59. Yumar, J. (2007). Influencia del FitoMas E en el rendimiento del Ají Cachucha. Forum Provincial ANAP, La Habana; Septiembre 2007 (1).
60. Zuaznábar, R; Hurtado, J.C; Montano, R; Córdoba, R; Hernández, F; Jiménez, F; García, E; Angarica, E; Hernández, I; Morales, M. (2005). Resultado de la Evaluación Experimental y de Extensión del Bioestimulante FitoMas E en Caña de azúcar. Zafra 2003-2004. INICA. Informe interno.

ANEXOS

Anexo 1. *Lactuca sativa* L. (Lechuga)



Anexo 2. Diseño experimental

T0	T1	T2	T3	T4	T5
----	----	----	----	----	----

T2	T3	T4	T5	T0	T1
----	----	----	----	----	----

T4	T5	T0	T1	T2	T3
----	----	----	----	----	----