



MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR
UNIVERSIDAD DE GUANTÁNAMO
FACULTAD AGROFORESTAL DE MONTAÑA
FILIAL UNIVERSITARIA MUNICIPAL EL SALVADOR



TRABAJO DE DIPLOMA

Tesis en opción al título de Ingeniero Agrónomo

TITULO: Empleo de alternativas orgánicas y el bioestimulante Fitomas-E en el cultivo del boniato (*Ipomoea batatas L. Lam*) en condiciones de secano

Autor: Eloy Mien Cajigal
Tutor: M.Sc Juana Iris Duran Coos

2013
"Año 54 de la Revolución"



MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR
UNIVERSIDAD DE GUANTÁNAMO
FACULTAD AGROFORESTAL DE MONTAÑA
FILIAL UNIVERSITARIA MUNICIPAL EL SALVADOR



TRABAJO DE DIPLOMA

Tesis en opción al título de Ingeniero Agrónomo

TITULO: Empleo de alternativas orgánicas y el bioestimulante Fitomas-E en el cultivo del boniato (*Ipomoea batatas L. Lam*) en condiciones de secano

Autor: Eloy Mien Cajigal

Tutor: M.Sc. Juana Iris Durand Cos

2013
“Año 54 de la Revolución”

I.-INTRODUCCIÓN

Dentro de las viandas, el boniato constituye un alimento importante, fundamentalmente como fuente de carbohidratos dentro de la dieta del pueblo cubano; se caracteriza por ser un cultivo con mayor rango de adaptación y estabilidad a las variadas condiciones climáticas de la isla de Cuba, particularmente por su poca exigencia en cuanto a la fertilización y otros aspectos aerotécnicos (Fernández, 2004). Es el quinto cultivo alimentario más importante en Cuba después del arroz, papa, bananos y yuca. Según los datos de la FAO (2003) citado por Jiménez (2010) la producción total anual en Cuba es de 220 000 toneladas métricas. Durante la última década la producción ha bajado a razón de una tasa de 2%.

En Cuba el boniato es un cultivo de alta demanda popular pues forma parte de la dieta diaria y tiene múltiples usos, es por ello que en la actualidad se siembran alrededor de 65 000 ha, con una producción promedio de 325 000 toneladas anualmente (INIVIT, 2007).

Sin embargo hoy día, sólo se protegen con fertilizantes minerales alrededor del 30 % de las áreas que se siembran, debido al aumento de los precios de los fertilizantes en el mercado mundial, lo que ha contribuido a una disminución drástica de los rendimientos hasta valores entre 5 y 6 t.ha⁻¹(MINAGRIC, 2006).

Por esta razón, se hace necesario la búsqueda de alternativas que mejoren la eficiencia de utilización de los fertilizantes y que a su vez constituyan tecnologías respetuosas del medio ambiente, como es el caso de los abonos orgánicos y los hongos micorrízicos arbusculares (Ruiz, 2001).

Es conocido por todos que los biofertilizantes son uno de los elementos más valiosos con que cuenta la agricultura sostenible y ecológica los cuales se producen basándose en microorganismos que existen el suelo, aunque en poblaciones bajas y que al incrementarse por medio de inoculación artificial son capaces de poner a disposición de las plantas, mediante su actitud biológica una parte importante de las sustancias que necesitan para su desarrollo (Feria,2001).

Uno de los microorganismos más estudiados y empleados en la actualidad, es la Micorriza. Son tantas las especies, cepas existentes y tan diversas sus formas de actuar en la planta y en el suelo, que podemos asegurar que están presentes en casi todas las especies vegetales y los suelos agrícolas existentes en el mundo (Guerrero, 1997).

Páez *et al.* (2006) afirman que el principal beneficio que realizan las micorrizas está relacionado con la nutrición de las plantas. Este proceso de la nutrición por medio de las micorrizas está, pues, extremadamente difundido entre los vegetales y tiene notable importancia porque permite la vida de las plantas en determinadas condiciones y facilita la toma de los alimentos por parte de las plantas superiores, en competencia con la infinita y mucho más adaptable microflora del suelo.

Según Bernaza y Acosta (2006), los efectos benéficos de las micorrizas en el suelo están muy relacionados con sus efectos sobre las plantas por estar éstos (suelo – planta), estrechamente relacionados. Sin embargo, podemos declarar que las micorrizas, realizan varias funciones en el suelo que incrementan mucho su potencial agroproductivo y sus posibilidades de sostén y mantenimiento de las diferentes especies vegetales.

Por lo tanto, el uso de estos microorganismos edáficos (MVA) en la agricultura constituye una alternativa promisorio frente a los fertilizantes minerales. Desde el punto de vista ecológico, la utilización y/o aplicación correcta de estos microorganismos permite reducir el uso de energía, la degradación del agroecosistema y las pérdidas de nutrientes de los suelos agrícolas. En adición, se mantiene la capacidad productiva del sistema, se preservan la biodiversidad y se contribuye con una producción más estable y sostenida a largo plazo en equilibrio con el entorno (Hernández, 2000). En este sentido, Ruíz (2001) plantea que la reintroducción y el mantenimiento de las MVA asociadas a los cultivos agrícolas luce como un objetivo deseable con el fin de mejorar su rendimiento y productividad.

En Cuba en la etapa actual las reservas de fertilizantes minerales han disminuido considerablemente, por tal motivo se hace necesario la búsqueda de alternativas que

compensen sino total, parcialmente las necesidades nutrimentales de los cultivos para obtener aceptables rendimientos sin llegar a agotar las reservas del suelo. El empleo de los biofertilizantes puede constituir una eficiente solución en la sustitución de los fertilizantes minerales (INIVIT, 2007).

Por otro lado, el follaje del boniato es uno de los más utilizados para la alimentación de las diferentes especies de animales, dado por sus características de fácil digestibilidad, contenido de nutrientes, entre otros.

Uno de los factores que influye en el desarrollo foliar del cultivo en la granja Costa Rica son los bajos niveles de disponibilidad de fertilizantes orgánicos necesarios para la nutrición del mismo y el logro de rendimientos sostenibles.

El cultivo del boniato (*Ipomoea batatas* L Lam) es uno de las viandas más explotadas bajo esas condiciones, cuyo rendimiento no rebasa la media nacional. De ahí se deriva el siguiente problema:

Problema: ¿Cómo garantizar un mayor crecimiento del cultivo del boniato bajo condiciones de secano en el Consejo Popular Costa Rica?

Hipótesis: Con el empleo del estiércol vacuno, el biofertilizante micorriza y el bioestimulante Fitomas E se garantiza un mayor follaje en el cultivo del boniato bajo condiciones de secano en el Consejo Popular Costa Rica.

Objetivo general:

Evaluar la respuesta en la producción de follaje del cultivo del boniato con el empleo diferentes alternativas de nutrición y el bioestimulante Fitomas-E bajo condiciones de secano en el Consejo Popular Costa Rica.

Objetivos específicos:

- 1.- Evaluar el crecimiento del cultivo del boniato con el empleo del estiércol vacuno, el biofertilizante micorriza y el bioestimulante Fitomas E.
- 2.- Determinar la alternativa más adecuada para la producción de follaje bajo las condiciones evaluadas.

II.- REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1. Aspectos generales del cultivo del boniato (*Ipomoea batatas*. L. Lam)

El boniato (*Ipomoea batatas*. L Lam) según Mateo *et al* (1985) es una convolvulacea, originario de América; constituye el 7^{mo} cultivo alimentario en orden de importancia a nivel mundial después del trigo, arroz, el maíz, la papa, la cebada y la yuca. En Cuba se cultiva desde la época precolombina, constituyendo en la actualidad una de las viandas más importantes en la alimentación de la población (INIVIT, 2007).

En Cuba, el uso del boniato es principalmente para la alimentación humana. Solo una pequeña parte de la cosecha, sobre todo en el sector campesino, es destinada a la alimentación animal (MINAGRIC, 1998).

Boniato, también camote o batata, nombre común de una hierba vivaz trepadora, se cultiva en suelos arenosos o francos en muchas regiones cálidas de todo el mundo; en algunos lugares, es un componente importante de la dieta básica. Se cultiva sobre todo por la gruesa raíz comestible que es una tuberosa oblonga y voluminosa que llega a medir 30 cm de largo. Su color varía del amarillo claro y oscuro al rojo, violeta y morado. Hay dos tipos principales: de carne seca y harinosa y de carne blanda y húmeda, de color amarillo y blanco. En el mismo género hay especies parecidas no comestibles que se usan como enredaderas ornamentales (INIVIT, 2007).

Debido a su naturaleza rústica y amplia adaptabilidad, corto ciclo ya que su material de plantación puede ser multiplicado fácilmente, el boniato se planta durante todo el año y en todas las regiones del país (MINAGRIC, 2002).

Entre las raíces y tubérculos que son fuentes de carbohidratos en la dieta del pueblo cubano, el boniato (*Ipomoea batatas* L Lam), constituye uno de los cultivos alimenticios más importantes conjuntamente con la yuca (*Manihot esculenta*). Su utilización está por encima de la malanga (*Xanthosoma spp.*), la malanga isleña (*Colocasia esculenta*) y el ñame (*Dioscorea spp.*) debido a los mayores volúmenes de producción anuales. El uso del boniato es principalmente para la alimentación

humana. Solo una pequeña parte de la cosecha, sobre todo en el sector campesino, es destinada a la alimentación animal. Cuando se comparan los rendimientos de Cuba con algunos países productores, observamos que estamos muy por debajo de la media mundial, lo que significa que aún estamos lejos de explotar este cultivo de acuerdo a sus potencialidades (Morales y col, 2003).

2.2. Morfología de la *Ipomoea batatas* L Lam según reporte de INFOAGRO (2002), MINAGRIC (1998), MINAGRIC (2002), INIVIT (2007) y Jiménez (2010).

Sistema Radical: Constituye la parte más importante de la planta, el objeto principal del cultivo, son ramificadas y abundantes, de carne excelente, hermosa azucarada, rica en almidón, presenta elevado contenido de vitaminas C y caroteno.

El sistema radical: tiene a su cargo no solo la absorción de los elementos que se hallan en las sales minerales, sino también del agua que debe ser suministrada a las hojas en cantidades considerables.

En el boniato, las raíces son numerosas y se forman en los nudos del tallo y son positivamente geotrópicas, llegando hasta 120 cm de profundidad. El engrosamiento de las raíces depende de tres factores principales: cultivares, agrotecnia aplicada y condiciones ambientales; generalmente, antes de los 60 días de la plantación comienza el proceso de tuberización en la mayoría de los cultivares. Otras raíces que no tienen lignificación, son carnosas, engruesan bastante y se les llama raíces reservantes.

La mayoría de las raíces tuberosas se desarrollan en los primeros 15 cm de profundidad; su dirección de crecimiento puede ser: horizontal, oblicua, vertical o irregular. Por la forma de las raíces tuberosas apenas puede tomarse en cuenta para diferenciar un cultivar de otro, pues en un mismo cultivar se presentan a menudo diversas formas: redonda, redonda - elíptica, elíptica, ovada, oblonga alargada y elíptica alargada

Tallo: Llamado rama, de variada longitud de 10 cm a 6 m, de forma cilíndrica, rastrero, se puede encontrar pubescente (veloso) o glabro (sin pelos) de variado color verde, morado y combinado entre ellos.

El tallo, de acuerdo con su grosor puede ser: delgado (menos de 4 mm), mediano (de 4 a 6 mm) y grueso (más de 6 mm). La forma y color de los tallos aéreos varían mucho en los diferentes cultivares: pueden ser cilíndricos o aristados, lisos o con lenticelas. Hay tallos con pubescencia abundante, otros carecen de ella, los glabros (sin pelos). Por su color, los tallos varían de totalmente verde a totalmente pigmentado con antocianinas (color rojo - morado).

Hojas: Son numerosas, simples alternas, insertadas en el tallo, con pecíolo largo, hasta 20 cm, coloración y vellocidad semejante al tallo, limbo ligeramente desarrollado con nervios de color verde o morado. La forma es acorazonada.

Fruto: En forma de cápsula, de tamaño inferior a un centímetro, en cuyo interior se alojan de 1 a 4 pequeñas semillas de color pardo o negro, con peso de 20 a 25 g

Los clones más explotados en Cuba según MINAGRIC (2006) son: CEMSA 78-354, INIVIT B 98-2, CEMSA 78-326, CEMSA 74-228, YABU 8, Cautillo, INIVIT B-88, CEMSA 2005.

2.3. Características del clon CEMSA 2005.

Ciclo de 120 días. Follaje muy vigoroso, con tallos de color verde, gruesos superior a los 8 mm de diámetro. Hojas de color verde, de superficie rugosa, raíces tuberosas de color rojo intenso en su parte exterior y masa de color amarillo intenso. Posee 3,6 tubérculos/planta y potencial de rendimiento de 56 t/ha. (INIVIT 2007).

2.4 Atenciones culturales.

2.4.1 Riego

La tendencia recomendable es humedecer del 70 al 80 % de la profundidad que alcanza todo el sistema radical, o sea, humedecer hasta los 20 cm (durante los primeros 60 días) y después hasta 40 cm (MINAGRIC, 1999).

La batata precisa de suelos húmedos, sobre todo cuando se realiza la plantación de los esquejes o puntas, para favorecer el enraizamiento, en las primeras fases del cultivo, y en general a lo largo de todo el ciclo. Una humedad excesiva puede provocar pérdidas de producciones cuantitativas y cualitativas. El boniato es una planta moderadamente tolerante a la sequía, a pesar de lo cual responde productivamente al riego. Respecto al número de riegos serán suficientes tres o cuatro en los cuatro o cinco meses que dura el cultivo, pero si el clima o la estación fuese muy seca se darán hasta ocho o nueve riegos aplicados cada quince días. Los riegos se realizarán por superficie, inundando los surcos en los que se ha dividido la parcela (Infoagro, 2003)

2.4.2 Limpia.

Los deshierbes manuales se realizarán cada vez que se requiera, teniendo en cuenta que esta actividad sea precedida por el cultivo, ya que de esta forma se logra mejor calidad de la labor (MINAGRIC, 2002).

2.4.3 Aporques

El aporque se realizará inmediatamente antes de que cierre el campo, lo que permitirá obtener un cantero de 25 a 30 cm de ancho. El cantero deberá poseer una forma de semicírculo y no en forma de meseta la cual hace mermar los rendimientos. Con vista a facilitar la cosecha, los equipos de cultivo y fumigación transitarán siempre por las mismas calles y disminuirá la compactación de toda el área (MINABRIC, 1998; INIVIT, 2007).

Para combatir el efecto de las malas hierbas y plantas indeseables de los 40-50 días de haber efectuado la plantación es aconsejable realiza un aporcado que permita combatir las mismas (Infoagro, 2003).

2.4.4 Cultivo

Esta labor se realizará con arado de doble vertedera con una frecuencia semanal para que el cultivo cierre limpio y el suelo quede suelto (MINAGRIC, 1998).

2.4.5 Control de plagas, enfermedades y malezas.

Aunque se reportan en el mundo más de 100 agentes causales de plagas, enfermedades y virus que afectan al cultivo del boniato, en Cuba sólo se citan algunas plagas de importancia económica. Entre ellas podemos citar: *Cylas formicarius var elegantulus* (el tetuán), las mantequillas, la araña roja, los crisoméridos y los nematodos (*Meloidogyne incognita*). A partir del período 2002-2003, el *Typophorus negritus* F (*Coleoptera: Chrysomelidae*) comenzó a diseminarse por todo el país, y amenaza en convertirse en un grave problema para este cultivo, ya que le resta calidad a la producción obtenida (Morales, 2003; INIVIT 2007).

Dentro de los factores que provocan los bajos rendimientos del cultivo de *Ipomoea batatas* L Lam se encuentra *Cylas formicarius var elegantulus* (el tetuán) es el único insecto de importancia por los daños significativos que provoca, en ocasiones puede afectar el 100% de las plantaciones trayendo consigo pérdidas para nuestra economía, pues no se puede utilizar en la alimentación de los animales (Nilda Pérez Consuegra, 2006).

Las larvas barrenan las guías y las raíces tuberosas haciendo estas últimas completamente inservibles debido a los residuos excrementarios que dejan en el interior de las galerías, lo que les proporciona un sabor amargo. Este estado puede durar de 14 a 21 días (MINAGRIC, 2002).

Los agricultores cubanos han utilizado algunas técnicas no químicas para controlar esta plaga. Un ejemplo claro es el uso del riego, que aún hoy es reportado como una

de las principales prácticas de control. Otro ejemplo es el uso de la hormiga leona (*Pheidole megacephala*). Sin embargo, antes de 1993 no existía un programa como tal. Diseñar e implementar un programa de este tipo fue el objetivo del convenio de investigación colaborativa entre el INIVIT y el CIP (Agricultura, 2004).

2.5. Nutrición y Fertilización:

Los problemas del medio ambiente se han convertido en una de las mayores preocupaciones políticas, económicas, sociales y educativas, de cuya solución y prevención depende la existencia de la vida en la tierra. Debemos recurrir a la utilización de productos biológicos que contribuyan a incrementar las producciones agrícolas.

Se ha tratado de recomendar un sistema de fertilización lo más práctico y adaptado posible a las condiciones actuales, haciendo énfasis en las cantidades mínimas indispensables de fertilizante para obtener rendimientos sostenibles y aceptables, no obstante, el país dispone de resultados para una aplicación con una base más científica y diferenciada por tipos de suelos, extracciones y exportaciones, índices críticos, reservas de nutrientes, entre otros, que pueden ser reconsideradas si las condiciones se modifican o si se hace necesario para un caso de interés especial o priorizado (Morales,2003).

Antes de la llegada de los fertilizantes químicos, los campesinos usaron una variedad de desechos industriales y otros productos agrícolas como fertilizantes, residuos urbanos y desechos de todo tipo. Sin embargo, a principios del siglo XX los fertilizantes químicos cobraron tanta importancia como los orgánicos y llegaron a superarlos. Se constata que en el listado de fertilizantes en 1914 aparecían 55 tipos orgánicos mientras que en el reporte de 1979 no se mencionó ningún fertilizante orgánico (Peña Elizabet *et al.*, 2002).

Mayea (1995) señala que los microorganismos utilizados como biofertilizantes tienen un triple papel como suministradores de nutrientes, de fitohormonas y como

antagonistas de hongos fitopatógenos. En concordancia, Martínez y Hernández (1995) se refirieron a las ventajas que producen estos microorganismos.

La Comisión del Codex Alimentarios (FAO, 1999 citado por Nilda Pérez Consuegra, 2006) define la agricultura orgánica como un sistema holístico de gestión de la producción que fomenta y mejora la salud de los agroecosistemas, y en particular la biodiversidad, los ciclos biológicos y la actividad biológica del suelo. Esto se consigue siempre que sea posible empleando métodos culturales, biológicos y mecánicos, en contraposición al uso de materiales sintéticos y para cumplir cada función específica dentro del sistema.

Según Pérez Nilda (2006) la agricultura orgánica tiene como objetivo principal la producción de alimentos sanos, la protección del ambiente y la salud humana, intensificación de las interacciones biológicas y los procesos naturales. En los sistemas orgánicos se excluyen el uso de sustancias químicas. Los fertilizantes inorgánicos se sustituyen por práctica de manejo de la nutrición, tales como rotación de cultivos, uso del compost, humus de lombriz, abonos verdes, bacterias fijadoras de nitrógeno y otras que busca aumentar el nivel de materia orgánica del suelo y la conservación de la fertilidad natural..

Con el desarrollo de la industria y la producción de los fertilizantes químicos, al finalizar la segunda guerra mundial, año 1945, el uso de los fertilizantes químicos prevaleció en el mundo; especialmente en la producción agrícola intensiva, ocasionando deterioro en los suelos y contaminación del medio ambiente. Esa situación es preocupación en todo el mundo, actualmente se están realizando acciones para lograr la producción de alimentos por medio del establecimiento y desarrollo de la agricultura sostenible, en la que la utilización de abonos orgánicos, biofertilizantes y la rotación adecuada de las cosechas, constituyen la base para la sustitución de fertilizantes químicos, al proporcionar al suelo los elementos que necesitan las plantas y mantener el equilibrio ecológico (Pérez Nilda, 2006).

2.6. Los biofertilizantes en la agricultura

En Cuba en la etapa actual las reservas de fertilizantes minerales han disminuido considerablemente, por tal motivo se hace necesario la búsqueda de alternativas que compensen sino total, parcialmente las necesidades nutrimentales de los cultivos para obtener aceptables rendimientos sin llegar a agotar las reservas del suelo. El empleo de los biofertilizantes puede constituir una eficiente solución en la sustitución de los fertilizantes minerales (Minagric, 2006).

Los biofertilizantes agrupan todos los organismos vivos capaces de brindar algún beneficio a las plantas (Ferrer y Herrera, 1991).

Martínez (1994) planteó que los biofertilizantes incluyen todos los recursos biológicos que estimulan el desarrollo de los cultivos agrícolas mediante transformaciones de elementos o compuestos que se encuentran en formas no aprovechables, de manera que se conviertan en formas que puedan ser utilizadas mediante la acción de los microorganismos o de asociaciones microorganismos - plantas.

Son diversos los biofertilizantes que se vienen empleando actualmente como suministradores de nutrientes, fitohormonas y antagonistas de hongos fitopatógenos. Los microorganismos que existen en el suelo no sólo son capaces de fijar el nitrógeno (N) atmosférico, aumentar la capacidad extractiva de nutrientes por parte del sistema radical de las plantas y solubilizar fósforo (P), sino que también producen sustancias promotoras del crecimiento vegetal y tienen en general un sin número de funciones en la microbiota del suelo, de gran interés teórico y práctico para la producción agropecuaria.

2.6.1. Principales ventajas que producen estos microorganismos según Ruíz (2001).

1. Incrementan los procesos microbianos y las plantas se benefician en breve tiempo.
2. Consumen escasa energía no renovable.

3. Son productos "limpios" que no contaminan el medio ambiente.
4. Pueden mejorar la eficiencia de los fertilizantes minerales.
5. Producen sustancias activas estimuladoras del crecimiento vegetal.
6. Actúan sobre diversos microorganismos fitopatógenos, controlándolos.

2.6.2. Uso de la micorriza

El interés agronómico en general con respecto a las micorrizas arbusculares estriba en la capacidad de las hifas externas de las raíces infectadas para absorber nutrientes del suelo y translocar estos nutrientes a la parte aérea de las plantas, promoviendo un mayor desarrollo de las mismas, así como la acción indirecta en la fijación biológica de nitrógeno, mineralización y/o solubilización de nutrientes de la rizosfera, el aumento de la eficiencia en la traslocación y el uso de los nutrientes absorbidos por la planta. Su efecto repercute tanto sobre los nutrientes móviles como de baja movilidad tales como el cobre y el zinc (St- John, T.V. 1999; Riera, 2001).

Rivera (2001) y otros autores identifican a las Micorrizas como: "la asociación simbiótica entre determinadas especies de hongos del suelo y las raicillas (pequeñas raíces) de diferentes especies de plantas". Es decir que, se trata de la unión armónica e íntima, de ayuda mutua y fraternal, entre un hongo y las raicillas de una planta.

El hongo, coloniza la raicilla y llega a ser parte integrante de ella, desarrollando un filamento micélico (micelio o conducto extenso, compuesto por muchas hifas), que a modo de sistema radical y altamente efectivo, ayuda a la planta a adquirir diversidad de nutrientes y agua del suelo. También el hongo, al extender el área radical, facilita que la planta incremente su capacidad de sostenerse físicamente en dicho suelo, mejorando su resistencia y adaptabilidad (Riera, 2003).

De las ventajas de la micorriza Ruiz *et al.* 2001 afirmaron que: el proceso de asociación para formar Micorrizas, provoca alteraciones morfológicas y anatómicas en las plantas colonizadas tales como: cambios en la relación tallo raíz, en la

estructura de los tejidos radicales, en el número de cloroplastos, aumento de la lignificación, alteración de los balances hormonales entre otros.

Según St- John.,(1999) y Riera (2010) el papel de las micorrizas en la absorción de nutrientes es muy complejo, pudiendo ser resultado de varios posibles mecanismos, como son: aumento en la superficie de absorción y exploración del suelo (efecto físico), aumento de la capacidad absorptiva de la raíz (efecto fisiológico), modificaciones morfológicas y fisiológicas en las raíces micorrizadas en relación con las no micorrizadas, absorción de nutrientes disponibles no accesibles a raíces no micorrizadas, directamente por las hifas o indirectamente a través del favorecimiento del desarrollo de las raíces.

2.6.3. Ventajas de las micorrizas (Jiménez, 2010)

1. Generan un mayor crecimiento de las plantas en los suelos de baja fertilidad.
2. Aumenta la absorción de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y micronutrientes.
3. Ayudan a reducir los efectos causados por la interacción de agentes patógenos como son los nemátodos y algunos hongos.
4. Se incrementa la tolerancia a la sequía, altas temperaturas del suelo, toxinas orgánicas e inorgánicas, bajos contenidos de materia orgánica, pH's extremos.
5. Reducen el estrés ocasionado por los cambios de humedad y temperatura.
6. Las plantas incrementan su sobrevivencia en el campo.
7. Se logra un mejor crecimiento en menor tiempo.
8. Aumenta el vigor de la planta.

En los suelos tropicales, deficientes en fosfato (P) asimilable, tiene una importancia especial el uso de las asociaciones micorrízicas arbusculares, por el beneficio que producen en el crecimiento de las plantas. En este tipo de suelo es mucho mayor el potencial de explotación de las micorrizas con relación a las regiones de clima templado (Bernaza, 2006).

Paez *et al*, (2006) plantea diversas razones por las cuales, el uso de las asociaciones micorrízicas, particularmente en suelos tropicales, adquieren gran importancia: los

bajos niveles de fósforo asimilable o la alta capacidad de fijación de este elemento en el suelo; la alta velocidad de los procesos de fijación en suelo y sus respectivas pérdidas; La creciente dificultad de producir fertilizantes fosfóricos solubles, debido a la escasez de los yacimientos, así como su alto costo de producción y precio público.

Las raíces micorrizadas pueden absorber fósforo del suelo cuando este elemento se encuentra en concentraciones tan bajas, que no puede ser absorbido por las no micorrizadas.

La utilización de los hongos micorrízicos como alternativa biológica no implica que se pueda dejar de fertilizar, sino que la fertilización se haga más eficiente y puedan disminuirse las dosis a aplicar, al incrementar el porcentaje de absorción de los nutrientes por las plantas (Riera, 2010).

Los hongos micorrízicos poseen la capacidad de emplear tanto NH_4^+ como NO_3^- . Sus efectos son mayores en la absorción de amonio, ya que, en comparación con las raíces, son capaces de absorberlo a concentraciones más bajas, lo asimilan rápidamente y lo translocan a las plantas, aumentando la eficiencia en la extracción y los contenidos de nitrógeno en las mismas (Ruiz, 2006).

La dinámica de la colonización de las raíces por especies individuales dentro de una población no ha sido adecuadamente estudiada.

Por otra parte, algunos trabajos experimentales sugieren que la toma de potasio (importante para la formación de los tubérculos) en suelos con deficiencias de este elemento se realiza a través de las hifas de los hongos MA, incrementándose la absorción y los contenidos en las plantas micorrizadas (Guerrero, 1997).

Por su parte, Rueda *et al.* (2003) en estudios realizados sobre el efecto de las micorrizas en Vitro plantas de banano y plátano en vivero observaron que la aplicación de micorrizas en plátano incrementa la tasa de crecimiento, expresado en mayor largo de la hoja, ancho de la hoja y peso seco de la parte aérea.

2.6.4.- Los cultivos y el manejo de las micorrizas.

La supervivencia de las capas de hongos MA inoculados al suelo y su durabilidad en el tiempo dentro de un sistema de rotación de cultivos han sido poco investigado a escala mundial situación que ha ocurrido también para el caso de las practicas de manejo de los cultivos con vistas al estudio de la conservación de las micorrizas nativas inoculadas. Riera (2003) señala que la diversidad de la microflora del suelo se consigue con la relación de cultivos.

Dicho autor mantiene la hipótesis de que las comunidades de hongos en el suelo cambian durante la sucesiones de cultivos y que esos cambios están relacionados con la especie de plantas que remplazan y los niveles de nutrientes, además plantean que hay estrecha relación sucesional entre las propiedades del suelo la productividad de las plantas y la diversidad micorizada medida por la colonización y el conteo total de esporas.

Las micorrizas arbusculares son asaciones simbióticas mutualista que se establecen entre más del 80% de las especies de plantas basculares y un selecto grupo de hongos microscópicos pertenecientes al *Phylum Glomeromycatu*. En esta simbiosis el hongo funciona como una extensión del sistema radical de la planta facilitando a través de su red hifas una mayor absorción de nutrientes de poca movilidad en el suelo como P.N.Zn y Cu (Riera, 2001). Esta mejor condición conlleva un significativo aumento en el crecimiento de las plantas que posee esta asociación (plantas micrótrofas donde estos nutrientes son escasos, otros beneficios de la asociación micorrizica son la protección contra patógeno radicales (Newsham *et al.*, 1995) y la mayor tolerancia al déficit hídrico (Ruiz, 1995)

Los hongos micorrizicos arbusculares son muy antiguos y todas las evidencias acumulada hasta el presente apuntan a que aparecieron juntos con las plantas terrestres hace unos 400 millones de años (Riera, 2001)) de ahí su amplísima distribución estando presentes en todos los continentes y a través de todas las latitudes a pesar de su ubicuidad, las actividades agrícolas como la labranzas la

aplicación indiscriminada de fertilizantes y de agroquímicos producen serias alteraciones en el M.A y su funcionamiento (Ruiz *et al.* 2006).

2.7. Empleo de la materia orgánica para la nutrición.

Desde el punto de vista nutritivo, la materia orgánica constituye un reservorio de nutrientes, los cuales se liberan después de la mineralización (proceso oxidativo de la materia orgánica que supone la pérdida de productos carbonados, la formación de nuevo material microbiano y la liberación de nutrientes minerales) por la actividad de los microorganismos del suelo. Además, es un componente importante de la estructura del suelo, favoreciendo la aireación y aumentando la capacidad de retención de agua (Riera, 2001). La materia orgánica tiene diferentes orígenes tales como estiércol vacuno, ovino, caprino, humus de lombriz, cachaza entre otros.

2.7.1 El estiércol de vacuno:

El estiércol de vacuno es un material rico en nitrógeno y muy húmedo. Su humedad y relación carbono –nitrógeno van a depender de la cantidad de cama utilizada, de las prácticas de manejo, del tipo de operación y del clima. Generalmente este residuo requiere su mezcla con materiales secos y ricos en carbono, con frecuencia son necesarios de dos a tres volúmenes de enmienda por volumen de estiércol. El riesgo de olores es relativamente bajo si se compostea durante unas pocas semanas ya que se descompone rápidamente (Peña Elizabet *et al.*, 2002).

2.8. BIOESTIMULANTES

Los biestimulantes se definen como el producto que contiene células vivas o latentes de cepas microbianas previamente seleccionadas, que se caracterizan por producir sustancias fisiológicamente activas (auxinas, giberelinas, citoquininas, aminoácidos, péptidos y vitaminas) que al interactuar con la planta promueven o desencadenan diferentes eventos metabólicos en función de estimular el crecimiento, el desarrollo y el rendimiento de cultivos económicos (Kannalyan, 1997 y Lahda, 1997 citados por Jiménez Carmen, 2010).

2.8.1- Beneficios y efectos fisiológicos sobre el crecimiento vegetal.

Los biestimulantes pueden liberar diferentes sustancias entre las que se encuentran:

- _ Reguladores del crecimiento (auxinas, giberelinas y citoquininas).
- _ Aminoácidos.
- _ Péptidos de bajo peso molecular
- _ Vitaminas.

Estas sustancias, al interactuar en su conjunto con el metabolismo vegetal, provocan diferentes efectos beneficiosos desde el punto de vista agrobiológico, sirve citar:

- _ Incremento en el número de plántulas que emergen.
- _ Acortamiento del ciclo de los cultivos entre 7 y 10 días.
- _ Aumento en los procesos de floración -fructificación.
- _ Incremento entre 5 y 20% del rendimiento.
- _ Obtención de frutos con mayor calidad comercial

Los efectos promotores de los bioestimulantes sobre la elongación del tejido vegetativo han sido observados en muchas especies, pero solamente en pocas se han estudiado en detalles. Terán (1998), plantea que el tratamiento con hormonas vegetales reconocidas afecta la elongación inducida por la brasinólida; las giberelinas tiene un efecto aditivo y la zeatina un efecto inhibitorio, con las auxinas hay un sinergismo donde la brasinólida permite a esta inducir elongación cuando solas son inefectivas.

El papel de los Bioestimulantes en el cultivo de células vegetales ha sido demostrado por varios autores. Por ejemplo Sukurai y Fujioka (1994) plantearon que estos compuestos en combinación con las auxinas promueven el crecimiento en varias plantas, en el cultivo de células de zanahoria, estos indujeron el alargamiento celular pero no la división.

2.8.2- El FitoMas E

En Cuba se ha utilizado con mucha efectividad en los últimos años el FitoMas que es un formulado de sustancias orgánicas, complejas de alta energía. Fue obtenido en el

Instituto de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA), (Rodríguez, 1997), se caracteriza por ser estimulantes y activador de los procesos fisiológicos de las plantas y de la microflora del suelo, a bajas concentraciones, por ser de origen natural no es tóxico ni a las plantas, ni a los animales, su acción facilita la interacción suelo-planta, por lo que propicia el desarrollo de la rizosfera, la cual elabora hormonas de crecimiento y otras muchas sustancias útiles para el vegetal.

Se presenta en tres variantes como concentrado acuoso, obtenido mediante procedimientos biológicos y físicos adecuadamente preservado para impedir su deterioro y asegurar una duradera eficiencia.

2.8.2.1- Modo de acción.

Cuando se aplica al follaje es rápidamente absorbido y traslocado, sin consumo adicional de energía. Una parte es exudada por las raíces junto con los productos del metabolismo vegetal elaborados bajo condiciones de estimulación, lo cual acrecienta a su vez la reproducción microbiológica en las inmediaciones de las raíces (Rizosfera). En esta zona, los microorganismos trabajan simbióticamente con el vegetal intercambiando nutrientes y factores de crecimiento. Al aumentar el intercambio, aumenta la fotosíntesis en la planta lo que estimula a su vez el funcionamiento de la raíz, y planta en su conjunto (Montano, 1998).

2.8.2.2- Composición

El FitoMas, es un producto obtenido por procedimientos originales. El producto es un extracto acuoso con un 10% p/p de materia orgánica, principalmente péptidos solubles y aminoácidos, 50 % de los cuales son alifáticos y 30% aromáticos y heterocíclicos; seleccionados por ser los más activos del conjunto mejor representado en la mayor parte de las especies económicas. Contiene también hasta 2,5% de sacáridos y 1,5% de lípidos, además de una fracción mineral con hasta 6% de K_2O y hasta 2,4% de P_2O_5 .

Este último unido a la fracción orgánica. El producto no contiene sustancias químicas de síntesis ni productos tenso-activos o “inertes” de ninguna especie (López *et al.*, 2005).

2.8.2.3. Usos del producto

López *et al.*, (2005) aseguró que este producto es especialmente valioso en las plantaciones orgánicas, en asocio o poli- cultivos ya que resulta beneficioso al conjunto plantado. Puede aplicarse en mezclas con soluciones de compost y fermentados en general, así como con el Súper magro, potenciando el efecto.

También se puede emplear en la agricultura convencional, para mejorar el aprovechamiento de los nutrientes, disminuir las dosis de fertilizantes o eventualmente sustituirlos. Se puede emplear junto a los plaguicidas convencionales, con el fin de disminuir las dosis de estos a cerca del 50%, todo lo cual requiere pruebas in situ.

El producto se puede emplear en frutales, algodón, cultivos hortícolas, plantas forrajeras, leguminosas, oleaginosas, maíz, arroz, remolacha, caña de azúcar y, en general, en todo tipo de cultivos, especialmente cuando se quiera favorecer la floración, fructificación y posterior desarrollo de los frutos. Cuando se trata de obtener frutos, se recomienda aplicar antes de la floración repitiéndose el tratamiento una o dos veces con intervalo de 3 o 4 semanas. En el caso de plantas de aprovechamiento foliar y forrajeras, se puede aplicar durante todo el cultivo y después de cada corte. Las dosis pueden estar entre 100 y 200 cc/hl, en frutales y cereales aunque esto hay que precisarlo experimentalmente (Carrión *et al.*, 1997).

Además de este producto, el cual puede considerarse básico, FitoMas E tiene otras tres formulaciones para potenciar, aún más, usos específicos: Cualquiera de estas formulaciones pueden usarse, además, indistintamente sobre los cultivos

para superar situaciones de estrés de cualquier tipo o sobre el suelo, porque ninguno resulta fototóxico, ni dañino al ambiente (López y Lobaina, 2005).

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Ubicación

La investigación se desarrolló en el Huerto Intensivo de la UBPC Alfonso Escalante, perteneciente a la Empresa Azucarera Argeo Martínez, en la localidad Egipto, Consejo Popular Costa Rica, municipio El Salvador, provincia Guantánamo, en el periodo comprendido de enero- abril 2013.

El cultivo objeto de estudio fue el boniato (*Ipomoea batata* Lam) con el empleo del clon INIVIT-2005, debido a las condiciones edafoclimáticas del territorio y la posibilidad de explotarse bajo esas condiciones.

3.2. Superficie experimental

El experimento se montó sobre un suelo Pardo sialítico carbonatado según la Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba (Hernández *et al.*, 1999). El experimento abarcó un área de 600 m².

3.3.- Características químicas del suelo y el estiércol vacuno.

Suelo: Los datos fueron tomados de los registros de estudio de suelos del año 2010 de la UBPC Alfonso Escalante Villa del Consejo Popular Costa Rica.

Tabla 1. Análisis químico del suelo empleado en la investigación.

Profundidad efectiva (cm)	pH (CIK)	MO (%)	P ₂ O ₅ (mg/100g)	K ₂ O (mg/100g)
70,0	6,10	5,1	3,67	36,0

Estiércol vacuno:

En el análisis químico del abono orgánico. El pH se determinó por el método Potenciométrico. Para los porcentos de carbono, materia orgánica, nitrógeno total y la relación carbono/nitrógeno se utilizó la Metodología para las determinaciones químicas a muestras de abonos orgánicos de febrero del 1988.

Tabla 2. Análisis químico del estiércol vacuno utilizado en la investigación.

pH (H₂O)	N_T	Relación C/N	K₂O (mg/100g)	MO (%)
7,54	3,95	11,60	36,0	79,0

3.4. Datos climáticos durante el periodo experimental.

En el periodo de investigación se tuvieron en cuenta los datos climáticos de la localidad, los cuales se obtuvieron del Centro Meteorológico Provincial de Guantánamo y de la Red Pluviométrica del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (Tabla 3).

Tabla 3.- Datos climáticos durante el periodo de la investigación

Meses.	T. Máx. Media (°C)	T. Min. Media (°C).	H.R. (%)	Prec. (mm)
Enero 2013	28,6	18,1	67	9,3
Febrero 2013	30,6	20,6	72	1,7
Marzo 2013	30,9	18,6	73	7,45
Abril 2013	30,7	19,4	73	7,5
Medias	30,2	19,17	71,25	-
Acumulado	-	-	-	25,95

3.5 Metodología Empleada

La preparación del suelo se realizó según normas técnicas para el cultivo del boniato así como las atenciones culturales, garantizando un desarrollo adecuado. Para la plantación se utilizaron rejos de calidad procedentes del Banco de Semillas Certificadas de Costa Rica, Guantánamo. La distancia de plantación utilizada fue de 0,90 x 0,23 m.

Aplicación de los biopreparados

La micorriza se aplicó a los 30 días de la plantación depositando 10 g por planta.

La cepa de hongo micorrizico arbuscular empleado, provino del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) a través de su producto comercial ECOMIC, a una concentración de 20 esporas por gramo de sustrato y producido a base de *Glomus intrarradices*.

El Fitomas-E se aplicó a los 30 días de la plantación con una dosis de 2 l.ha⁻¹.

Aplicación de la alternativa orgánica

El estiércol vacuno se aplicó a razón de 10 kg/m², según normas técnicas para el cultivo. El mismo procedió de la Vaquería “30 de Noviembre”, ubicada en Egipto, Costa Rica.

3.6. TRATAMIENTOS Y DESCRIPCIÓN

T1.- Boniato + Fitomas-E

T2.- Boniato + Estiércol vacuno

T3.- Boniato + Micorrizas

T4.- Boniato sin aplicación (Control)

Diseño Experimental

Se empleó un diseño experimental de bloque a al azar con dos réplicas.

3.7. Variables evaluadas:

3.7.1. Variables de crecimiento: Estas variables fueron medidas a los 46 y 61 días después de la plantación (10 plantas por cada tratamiento).

- Largo del tallo (cm.): se midió con una cinta métrica, tomando desde la base del tallo a ras de tierra, hasta el extremo de la planta.
- Grosor del tallo (mm): se midió con un Pie de rey en la porción próxima a la base del tallo.

- Número de hojas (U): por conteo visual en los diferentes momentos de medición.
- Peso del follaje fresco: se pesaron 10 plantas por tratamiento.
- Rendimiento en follaje: el peso promedio del follaje x número de plantas para una hectárea ($t.ha^{-1}$).

3.8. Análisis estadístico

Los resultados experimentales fueron sometidos al Análisis de Varianza de Clasificación Simple. Las comparaciones de medias se realizaron según test de rango múltiples de Duncan para el 95% de confiabilidad. Para el análisis estadístico fue utilizado el paquete STATGRAPHICS versión 5.1.

3.9. Evaluación económica

Los datos para la valoración económica fueron calculados tomando como base la metodología de la carta tecnológica y la ficha de costo vigente para el cultivo del boniato en la Empresa Agroindustrial Argeo Martínez

La misma se realizó sobre la base de los gastos que se incurren para la producción del cultivo, calculándose los siguientes índices económicos:

- Costo de producción total: Fueron tomados los costos de todas las actividades realizadas para la producción del cultivo.
- Valor de la producción:

Para determinar la misma se tuvo en cuenta el valor de venta del follaje como forraje para la alimentación animal.

- Ganancia: Se determinó utilizando la siguiente expresión (Elena M Carrasco, 1992).

Ganancia = Valor de la producción – Costo de producción

Para el cálculo del valor de la producción (VP) se consideró el precio actual del follaje obtenido para ser utilizado como forraje.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Respuesta en el crecimiento del cultivo del boniato

4.1.1. Respuesta de la longitud del tallo

El crecimiento foliar del cultivo del boniato influye grandemente en los rendimientos del mismo; pues en el follaje es donde se sintetizan todas las sustancias alimenticias que se acumularán posteriormente en las raíces, dando lugar a las raíces tuberosas, parte de la planta que utiliza para el consumo humano y animal.

La tabla 4 muestra la respuesta de la planta en cuanto a la longitud del tallo. A los 46 días la mayor longitud se alcanza con el empleo del Fitomas-E con 64,15cm, seguido de las micorrizas, difiriendo del resto de los tratamientos.

A los 61 días la respuesta fue diferente; las mayores longitudes se alcanzan con la utilización del bioestimulante Fitomas-E y el bioestimulante micorrizas, no difiriendo entre ellos y si con respecto al resto de los tratamientos.

Tal respuesta demuestra el efecto de ambas alternativas en el crecimiento del cultivo del boniato.

Tabla 4. Respuesta de la longitud del tallo

Tratamientos	Longitud del tallo (cm)	
	A los 46 días	A los 61 días
Boniato + Fitomas E	64,15a	78,5a
Boniato + Estiércol vacuno	46,0bc	68,6b
Boniato + Micorrizas	53,65b	75,65a
Boniato sin aplicación (Control)	42,85c	58,5c
ESx	2,76	2,09

Medias con letras diferentes difieren significativamente para $p \leq 0,05\%$

Esto es posible ya que el FitoMas E es un fitoestimulante capaz de ser absorbido y traslocado de forma rápida en la planta y la misma puede asimilar la fracción mineral

de producto con rapidez e incorporarlo a su metabolismo favoreciendo el intercambio de nutrientes y por tanto el crecimiento vegetal (López *et al.* 2002).

Mientras que la aplicación de la micorriza para este tratamiento trajo un aumento en el crecimiento foliar. La presencia de micorrizas pudo movilizar gran cantidad de nutrientes que antes no estaban a disposición de las plantas, hubo un mejor desarrollo y crecimiento de las plantas en este tratamiento que se tradujo en la obtención de rendimientos más altos.

Resultados similares obtuvieron Vera y López (2002) cuando evaluaron el empleo del FitoMas E en el cultivo del pepino y se incrementó la longitud del tallo (47,2 cm) con diferencias significativas respecto al testigo.

Jiménez (2010) en estudios realizados en el cultivo del boniato con el clon INIVIT B-88 en suelos salinizados demostró que con el empleo de las micorrizas la longitud del tallo fue superior al resto de las alternativas.

4.1.2. Respuesta del grosor del tallo.

Para el caso del grosor del tallo los mayores resultados se alcanzan con el Fitoimas-E y las micorrizas para ambos momentos evaluados (46 y 61 días), no difiriendo entre ellos y si con respecto al resto de los tratamientos, para un nivel de significación del 0,05%.

Tabla 5. Respuesta del grosor del tallo

Tratamientos	Grosor del tallo (mm)	
	A los 46 días	A los 61 días
Boniato + Fitomas E	7,8a	8,0a
Boniato + Estiércol vacuno	6,55b	7,7a
Boniato + Micorrizas	7,25a	8,0a
Boniato sin aplicación (Control)	5,0c	6,14b
ESx	0,24	0,25

Medias con letras diferentes difieren significativamente para $p \leq 0,05\%$

El Fitomas-E estimula el desarrollo foliar de los cultivos y en especial el grosor del tallo, mientras que las micorrizas estimula el desarrollo radical y por ende mayor absorción de los elementos nutritivos para el desarrollo de las plantas.

Ruiz *et al.* (2009) en investigaciones realizadas encontraron diferencias estadísticas significativas en posturas de tomate ante la aplicación de diferentes productos biológicos en la variable diámetro del tallo, la cual osciló entre los 2,7- 3,2 mm y 3,1- 4,0 mm en dos campañas diferentes. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Borrero (2005), al evaluar el efecto del fitoestimulante FitoMas E en el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum M.*), variedad HA – 3057 en condiciones de Casa de Cultivos Protegidos en la provincia de Santiago de Cuba.

Similares resultados fueron encontrados por Doménech (2010), donde los tratamientos con aplicación de biofertilizantes tuvieron diferencias significativas con relación al testigo en la variable diámetro del tallo y largo de los esquejes en diferentes tecnologías.

Otras investigaciones también demuestran el efecto beneficioso de FitoMas E en el crecimiento y rendimiento comercial de varios cultivos como son: el tabaco (52 %), el pepino (47 %), la lechuga (37 %) y la habichuela (50 %) (Montano *et al.* 2007). También Almenares (2007) obtuvo incrementos en la altura de la planta en el cultivo de la cebolla (variedad F1 Grano 2000).

Por otro lado, González (2003) obtuvo resultados similares en el cultivo del tabaco (*Nicotiana tabacum*); Xiafong (2007) en el cultivo del tomate (*Lycopersicum esculentum M*) y Terrero (2007) en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus L.*) al aplicar en todos los casos el FitoMas E y encontrar incrementos en la longitud del tallo.

Estas observaciones corroboran lo planteado por López (2002) y Masotó (2004) en relación con el empleo de dosis óptimas de los bioestimulantes en general y del FitoMas E en particular; ya que cuando el fitoestimulante es aplicado en la cantidad necesaria propicia el intercambio suelo - planta de sustancias útiles con lo que se

incrementa la población microbiana autóctona, simbiótica y asociada en la zona de la rizosfera y otras sustancias esenciales para el crecimiento y desarrollo de la planta.

Por otro lado, en estudios realizados por Duverger (2013) en el cultivo de la lechuga comprobó que con el empleo de las micorrizas existió un mayor desarrollo foliar y por ende mayores rendimientos. También existen evidencias experimentales de que el grosor del tallo de la planta de yuca se favorece con la inoculación de HMA directamente al cultivo (Alcántara, 2008).

Hernández (1998) planteó que las plantas colonizadas por hongos micorrízicos arbusculares muestran un mayor crecimiento que las no micorrizadas, cuestión que está relacionada con una absorción mejorada de nutrientes y fundamentalmente del fósforo.

Sánchez *et al.* (1997) demostraron que la inoculación de una cepa eficiente de hongos micorrizógenos arbusculares combinada con un portador de nitrógeno incrementó fuertemente el crecimiento de posturas de café, esta combinación resultó ser más beneficiosa que las aplicaciones independientes de cada simbiote.

4.1.3. Respuesta en el número de hojas

El número de hojas es una de las variables de crecimiento más importante para la planta, pues de ella depende la cantidad de sustancias a elaborar por el vegetal, interviniendo en los rendimientos agrícolas.

Para el número de hojas los mejores resultados se alcanzan con el empleo del Fitomas-E, el estiércol vacuno y las micorrizas a los 46 días, no difiriendo entre ellos y si con respecto al boniato sin aplicación.

A los 61 días continuaron siendo el Fitomas-E y las micorrizas los de mayores resultados, con valores de 107,5 y 112,0 hojas, difiriendo del resto para un nivel de significación del 0,05%

Tabla 6. Respuesta en el número de hojas

Tratamientos	# de hojas (U)	
	A los 46 días	A los 61 días
Boniato + Fitomas E	73,2a	107,5a
Boniato + Estiércol vacuno	67,65ab	89,9b
Boniato + Micorrizas	72,1a	112,0a
Boniato sin aplicación (Control)	55,05b	69,29c
ESx	4,5	6,24

Medias con letras diferentes difieren significativamente para $p \leq 0,05\%$

La superioridad en la mayoría de los indicadores evaluados para los tratamientos en comparación con el testigo (sin aplicación), está en correspondencia con los reportes realizados por González (1996), en el cultivo del pimiento los cuales encontraron un efecto energético con la aplicación de los bioestimulantes.

Resultados similares obtuvieron Dibut *et al.*, (2010) en el cultivo del maíz (*Zea mays*) donde comprobaron el efecto de biofertilizantes (*Azotobacter choroococcum* y micorrizas en los indicadores de crecimiento y desarrollo de las plantas, destacándose que todas las variables (Número de hojas, largo de la planta, y diámetro del tallo) superan al testigo desprovisto de aplicación de ambos microorganismos entre 16 - 23%.

Baños *et al.*, (2008), durante dos años utilizaron dos suelos uno ferralítico rojo lixiviado y otro gley nodular ferruginoso para evaluar el rendimiento de las especies *Panicum maximum* vc Likoni y *Brachiaria decumbens* vc Basilisk con el uso de humus de lombriz y hongos micorrízicos arbusculares (HMA). La aplicación de los HMA incrementó los rendimientos del cultivo y permitieron la sustitución total o parcial de los fertilizantes químicos. Las aplicaciones de humus para la fertilización de estas especies se pueden reducir en un 50 % cuando se combina con el inoculante micorrízico.

Los estudios realizados por Sánchez *et al.*, (2001) para evaluar el efecto de cuatro cepas de hongos micorrizógenos en las posturas de café, encontraron que las cepas

Glomus fasciculatum y *Glomus mosseae* mostraron los mayores incrementos con respecto a la altura, el diámetro de tallo y el área foliar de las hojas.

Al incrementarse el número de hojas favorece el desarrollo del cultivo. En este sentido Soroa, *et al.*, (2003) en el cultivo de la Gerbera mostraron que la infección micorrizógena de las raíces produce un efecto beneficioso en la absorción hídrica, esto favoreció considerablemente la conductancia estomática y por tanto una mayor tasa fotosintética, todo esto se refleja en un crecimiento en biomasa seca de la parte aérea de las plantas y en el área foliar.

Fernández *et al.* (1999) también estudiaron el efecto del inoculante micorrizógenos en el cultivo del arroz (*Oriza sativa*), sorgo (*Sorghum vulgare Bers*) y maíz (*Zea mays*), obteniendo incrementos significativos en términos de crecimiento y desarrollo foliar. Por otra parte, Rivera y Fernández (2003) pudieron obtener incrementos significativos en tal sentido en el cultivo de tomate con la utilización de micorrizas y otros microorganismos biofertilizadores.

Consideraciones generales.

Las plantas micorrizadas crecen más rápido y más saludable que las no micorrizadas, debido a que los hongos MA incrementan la absorción de elementos nutritivos esenciales para el crecimiento como el fósforo y microelementos (Alarcón *et al.*, 2008).

El empleo de las micorrizas incrementa la capacidad de absorción de los nutrientes esenciales presentes en los suelos en forma asimilables por las plantas, además de los procedentes de los elementos aportados por los abonos orgánicos (humus de lombriz). Todo esto provoca que las plantas tengan una mayor disponibilidad, absorción y asimilación de los nutrientes durante su crecimiento y desarrollo y que las pérdidas de los mismos lavados por el riego o las precipitaciones sean mínimas (Calderón y González, 2007).

En tal sentido, Ruiz *et al.*, (2006) demostraron además, que en los suelos Pardos y Ferralíticos se observó una marcada influencia de la disponibilidad de nutrientes sobre la efectividad micorrízicas

Sumado a esto, Hernández, (2001) encontraron que los posibles contenidos de micronutrientes aportados por los hongos micorrizícos arbusculares tienen gran importancia desde el punto de vista fisiológico ya que actúan como activadores de muchas enzimas indispensables para la vida de las plantas.

El efecto combinado de hongos MA y bacterias incrementa la altura y número de hojas de las plantas. Este comportamiento según lo planteado por Barea *et al.*, (2002) puede deberse a que los hongos micorrizícos interactúan con otros microorganismos introducidos en el suelo a través de la inoculación (*azotobacter*) e influye de alguna manera en la calidad y propiedades del suelo, así como la formación y funcionamiento de los propios HMA.

En este sentido Vieito *et al.*, (2004) obtuvieron resultados similares en Alfalfa por el efecto combinado de las micorrizas *Glomus fasciculatum* con *Rizobium* sobre la altura, supervivencia de las plántulas y rendimiento de materia seca.

Este hecho también fue encontrado por Ruiz *et al.*, (2006) en los cultivos papa, yuca, boniato, malanga, inoculado con Hongos Micorrizógenos Arbusculares (HMA), lográndose incrementos importantes en la masa seca, colonización de las raíces y extracción de nutrientes, con una alta eficiencia suelo- especie.

Rodríguez Yaquelín *et al.* (2002) alegaron que durante el proceso de la colonización radical por las micorrizas se expone una serie de alteraciones fisiológicas y bioquímicas específicas entre las cuales sobresalen incrementos en la tasa fotosintética y en los rendimientos de los cultivos, mejorando la absorción, traslación y utilización de nutrientes y agua, además de estimular la síntesis de clorofila, proteínas, metabolitos secundarios y sustancias de crecimiento.

El efecto sinérgico que se establece entre estos microorganismos (Pérez, 2002) pudiera estar relacionado con los mecanismos de biosíntesis de sustancias promotoras del crecimiento vegetal, el incremento de la absorción de nutrientes y los procesos de fijación del dinitrógeno atmosférico.

Con la aplicación de *Glomus* se incrementan los indicadores de crecimiento (la altura del pseudos tallo, diámetro y número de hojas), fenómeno que coincide con lo informado con anterioridad por Cuesta *et al.* (2006), pero en cultivos forestales.

Por otra parte el efecto beneficioso de la bacteria (*azotobacter*) no solo se debe a su capacidad bioestimulante, sino también a su acción nitro fijadora y a que en sus excreciones metabólicas liberan ciertas proteínas y enzimas que pueden producir modificaciones fisiológicas y metabólicas en las plantas (Alarcón, 2001). Asimismo, Dibut (2009) coincide en señalar que esta bacteria es capaz de estimular el crecimiento y desarrollo de los cultivos mediante la liberación ó excreción de ciertos ácidos orgánicos (ácido oxálico, cítrico, glucónico y otros), que influyen fuertemente en la solubilización del fósforo poco soluble del suelo y su posterior utilización en la nutrición de la planta.

4.1.4. Alargamiento del tallo, engrosamiento del tallo y emisión de hojas entre los 46 y 61 días de la plantación.

Al evaluar la dinámica de crecimiento del cultivo se observa que entre los 46 y 61 días (15 días) el cultivo alargó más con el empleo del estiércol vacuno y las micorrizas, mientras que para el engrosamiento continúa siendo el estiércol vacuno más el tratamiento control.

Para el caso de la emisión de hojas fue superior con el empleo de las micorrizas seguida del Fitomas-E.

La dinámica de crecimiento de un cultivo no solo depende de la alternativa de nutrición utilizada, sino que depende además de las características del clon

evaluado, la variabilidad en la fertilidad del suelo en las diferentes partes del terreno, de la humedad del suelo, entre otros.

Tabla 7. Dinámica de crecimiento

Tratamientos	Alargamiento del tallo (cm)	Engrosamiento del tallo (mm)	Emisión de hojas (U)
Boniato + Fitomas E	14,35	0,2	34,3
Boniato + Estiércol vacuno	22,6	1,15	22,25
Boniato + Micorrizas	22,0	0,75	39,9
Boniato sin aplicación (Control)	15,65	1,14	14,24

4.1.4. Peso promedio del follaje fresco por planta

El cultivo del boniato resulta de gran importancia para la alimentación humana y para la alimentación animal. Por lo tanto, la producción de follaje fresco constituye uno de los propósitos de la ganadería cubana, elemento indispensable para garantizar la producción de proteína de origen animal.

El gráfico 1 muestra el peso promedio del follaje fresco de la planta de boniato a los 80 días, donde los mayores pesos se alcanzaron con el empleo del Fitomas-E y las micorrizas con valores de 270,78 y 296,68 g respectivamente, no existiendo diferencias entre los mismos y si con respecto al estiércol vacuno y el tratamiento control, para un nivel de significación de 0,05%.

Estos resultados coinciden con los trabajos de Liu *et al.* (2002) los que encontraron correlaciones positivas entre la micorrización y el incremento de la producción de biomasa fresca en plantas de maíz.

En tal sentido, Johnson *et al.* (2002) hacen referencia a que las micorrizas arbusculares, además de incrementar la biomasa fresca y seca vegetal, elevan considerablemente la relación masa seca de la parte aérea / masa seca de la raíz, aumentando de esta manera la capacidad de absorción de nutrientes y su consecuente traslocación al follaje y a las raíces.

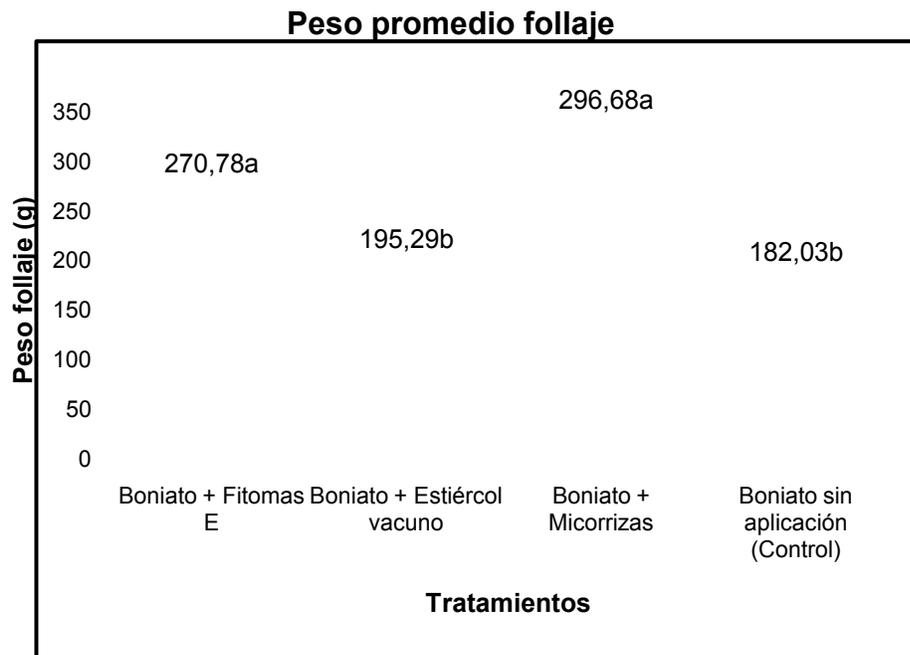


Gráfico 1. Peso promedio del follaje fresco por tratamiento.
 Medias con letras diferentes difieren significativamente para $p \leq 0,05\%$
ESx: 16,1068

Estos resultados concuerdan con los obtenidos en sorgo por Al-Jaloud (2009), en trigo por Miralles *et al.* (2002) y en zanahoria por Martínez *et al.* (2003), quienes concluyeron que la aplicación de biofertilizantes incrementa significativamente la producción de biomasa fresca de las plantas.

Por otra parte, Azcón-Aguilar y Barea (1996) señalan, que los HMA incrementan la absorción de agua por parte de la planta, con el consiguiente incremento de la resistencia a la sequía y al ataque de patógenos radicales; así como estimulan la producción de sustancias reguladoras del crecimiento vegetal, que posteriormente son transferidas a la planta hospedera.

Estos resultados están relacionados con el ritmo de la caída de las hojas que es más lento por su abundancia, mientras la aplicación de biofertilizantes garantiza la masa fresca foliar. Morte y Schubert (1998) encontraron en el cultivo del pimiento

aumentó en esta variable de hasta un 48 % cuando se aumenta el nivel de humedad en el suelo. Debido al estado hídrico sobre el crecimiento de las plantas y los procesos metabólicos que tienen lugar en las mimas.

Por otro lado, en investigaciones realizadas por Montano (2008), enumeró los efectos y bondades de este fitoestimulador los cuales se mencionan a continuación: aumenta y acelera la germinación de las semillas ya sean botánicas o agámicas, estimula el desarrollo de las raíces, tallos y hojas, mejora la nutrición, la floración y cuajado de los frutos, reduce la duración de las fases de semillero, vivero y en general el ciclo del cultivo.

Potencia la acción de los agroquímicos en general, incluyendo los fertilizantes lo que permite reducir entre el 30 % y el 50 % de las dosis recomendadas, acelera el compostaje y la degradación de los residuos de cosecha disminuyendo el tiempo necesario para su incorporación al suelo y ayuda a superar los efectos negativos del estrés por salinidad, sequía, exceso de humedad, fitotoxicidad, daños mecánicos, enfermedades y plagas.

Además de este producto, el cual puede considerarse básico, FitoMas-E tiene otras tres formulaciones para potenciar, aun, más, sus usos específicos. Cualquiera de estas formulaciones pueden usarse indistintamente sobre los cultivos para superar situaciones de estrés de cualquier tipo o sobre el suelo porque ninguno resulta fototóxico, ni dañino al ambiente López y Lovaina, (2005). Por su parte Montoya y Coll, (2005) al emplear FitoMas-E en el cultivo del tabaco demostró que la aplicación de este producto propició resultados significativamente mayores.

4.1.5. Rendimiento en producción de follaje.

El boniato dentro de sus grandes atributos está los diversos usos del mismo; por lo cual se plantea que el follaje es uno de los subproductos del cultivo pudiendo utilizarse para la alimentación animal.

En cuanto al rendimiento en follaje fresco (gráfico 2) se observan los mayores resultados con el empleo del bioestimulante y el biofertilizante con valores de 13,08 y 14,33t.ha⁻¹ respectivamente.

Esto demuestra el efecto de ambos productos en el crecimiento del cultivo y la producción de follaje fresco.

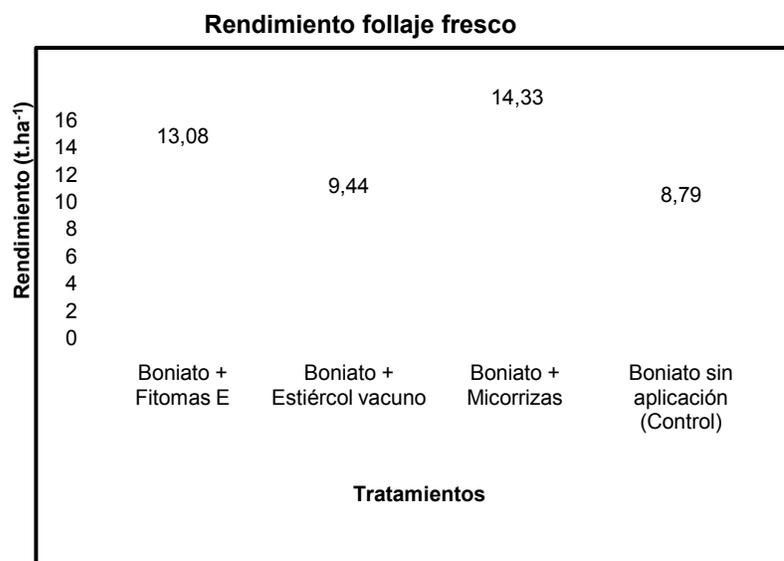


Gráfico 2. Rendimiento en follaje fresco por tratamiento

Noda (2009) reporta un incremento en los rendimientos en pastos, entre un 15 y 50% en plantas micorrizadas, y el ahorro hasta un 50% del volumen de los productos químicos necesarios, lo que favorece la reducción de los insumos y de los costos, e influye en el ejercicio de una agricultura sostenible y ecológicamente más sana. Asimismo, Ramírez *et al.* (2007) en el cultivo *P. maximum* vc Likoni obtuvieron rendimientos de 16,86 t.ha⁻¹ de MS y 14,78 t.ha⁻¹ MS con *G. clarum* más humus.

Está demostrado que las plantas micorrizadas crecen más rápido y más saludables que las no micorrizadas debido a que los hongos incrementan la absorción de elementos esenciales para el crecimiento (Fernández- Leyva *et al.*, 2002).

Según Rivera y Fernández (2003) la inoculación no es la simple aplicación de un producto, sino, la potenciación a escala productiva de un mecanismo tan antiguo

como la propia planta y que tiene todos los atributos para convertirse en una efectiva y consecuente vía hacia la sostenibilidad de la producción agrícola.

Los biofertilizantes disminuyen la toxicidad en los cultivos, lo que repercute en la calidad de los productos y en la salud del consumidor. Con su empleo no existe riesgo de pérdida de cosecha por dosificación, se evita la quimización de los suelos, aumentan la población de microorganismos presentes en el suelo con condiciones asequibles, son de fácil reproducción, con bajos costos, mejoran las propiedades físicas de los suelos y no causan impactos ambientales negativos al ecosistema.

Resultados similares se obtuvieron en el INIVIT (2007) al evaluar un nuevo método de inoculación con micorriza en los cultivos del boniato (*Ipomoea batatas*) y de la yuca, donde se produjeron rendimiento de 32,5 t.ha⁻¹ y 34,47 t.ha⁻¹ respectivamente.

Con respecto al Fitomas-E, autores como Fundora *et al.* (2009), Aranda (2010) realizaron estudios con clones de boniato en condiciones de estrés hídrico y los resultados obtenidos desde el punto de vista del rendimiento fueron positivos en los tratamientos en los que se aplicó FitoMas-E, en este sentido debemos destacar las propiedades del FitoMas-E y las posibilidades que tienen las plantas de efectuar fotosíntesis aún en condiciones de déficit hídrico y estrés.

En este estudio es importante destacar las condiciones bajo las cuales se desarrolló el estudio; dentro de ellas niveles de precipitaciones entre 1,7 y 9,3 mm mensuales, consideradas como muy secas para la zona de Costa Rica, todo esto afecta el desarrollo del cultivo al no experimentar sus potenciales productivos, tanto en follaje como en raíces tuberosas.

Otros autores han evaluado el efecto que sobre el rendimiento posee este fitoestimulante para otros cultivos. Montano (1998) comprobó el efecto del FitoMas-E sobre el rendimiento agrícola de la caña de azúcar en condiciones de producción y el efecto que ejerce sobre la maduración, aplicado a dosis entre 1 y 2 L.ha⁻¹ respectivamente, alegando que el FitoMas-E puede sustituir total o parcialmente la

fertilización convencional y producir un incremento de un 23% en el rendimiento agrícola para este cultivo.

4.2. Evaluación económica

La evaluación económica emplea métodos cuantitativos para estimar los costos y los beneficios de las actividades de investigación agropecuaria. Puede hacerse en términos de los precios del mercado o de los costos y los beneficios reales que reciben los productores o la sociedad (Falcony, 1994).

Para el caso de los resultados obtenidos en la presente investigación el análisis estuvo dirigido a considerar la efectividad económica a partir de la aplicación de los HMA, el FitoMas E y estiércol vacuno.

En la tabla 8 los resultados de la evaluación donde las mayores ganancias se obtuvieron en los tratamientos donde se aplicó el Fitomas-E y las micorrizas con valores de 1135,86 y 1364,01.

Tabla 8. Evaluación económica

Tratamientos	Rendim. en biomasa fresca (t.ha ⁻¹)	Valor de la tonelada de biomasa fresca (\$/t)	Costo de producc. (\$)	Valor de la producc. (\$)	Ganancia (\$)
Boniato + Fitomas E	13,08	182,52	1251,5	2387,36	1135,86
Boniato + Estiércol vacuno	9,44	182,52	1356,5	1722,99	366,49
Boniato + Micorrizas	14,33	182,52	1251,5	2615,51	1364,01
Boniato sin aplicación (Control)	8,72	182,52	1226,5	1591,5744	365,07

Como muestran los resultados los tratamientos 1 y 3 ofrecen los mejores indicadores de ganancia, debido a que ofrece mayor rendimiento de biomasa fresca. En las dos

variantes se superan significativamente los resultados obtenidos por el tratamiento testigo y el estiércol vacuno. Todo esto demuestra la efectividad de ambos productos en el incremento de la biomasa fresca del cultivo.

En general puede afirmarse que el resultado económico obtenido justifica la utilización de los HMA, y el fitoestimulante FitoMas E como alternativa viable para lograr una producción rentable en el cultivo del boniato en el experimento desarrollado.

4.3. Impactos

4.5.1. Impacto ambiental

Desde el punto de vista ecológico la utilización y aplicación correcta de HMA permite reducir el uso de energía, la degradación del agroecosistema y las pérdidas de nutrientes de los suelos agrícolas. En adición se mantiene la capacidad productiva del sistema, se preservan la biodiversidad y el FitoMas E por el conjunto de las propiedades que exhibe en su comportamiento contribuye decisivamente con una agricultura más sana, segura y ambientalmente compatible.

4.5.2. Impacto económico

Se incrementa la producción de yuca y como consecuencia aumentan los ingresos y las ganancias asociadas al resultado obtenido a partir de la aplicación de los HMA y FitoMas E, además permite una disminución de los costos de producción y la sustitución de importaciones.

V. CONCLUSIONES

1. Los Hongos Micorrizógenos Arbusculares (HMA) y el FitoMas E demostraron ser una práctica muy favorable para las variables de crecimiento evaluadas.
2. La mejor respuesta económica se obtuvo con la utilización de las micorrizas y FitoMas E y las ganancias asociadas a este resultado alcanzan valores de \$1135,86 y \$ 1364,07.

VI. RECOMENDACIONES

- 1) Extender las experiencias a los demás entidades productoras pertenecientes al Consejo Popular Costa Rica que posean características similares al sitio de estudio.